

# 博 士 論 文

## 効果的プロセス改善方法に関する研究

D2018SE001 林 章浩

指導教員 青山 幹雄

2019 年 2 月

南山大学大学院 理工学研究科 ソフトウェア工学専攻

---

## A Study on Effective Process Improvement Method

D2018SE001 Akihiro HAYASHI

Supervisor Mikio Aoyama

February 2019

Graduate Program in Software Engineering

Graduate School of Science and Engineering

Nanzan University

## 要約

国内にプロセス改善活動が導入されはじめた 1990-2000 年代頃には、米国で開発されたプロセス評価モデルである能力成熟度モデル統合(Capability Maturity Model Integration, CMMI)の成熟度レベルの達成が目標にされることが多かった。しかしながら、CMMI の成熟度レベルは、組織の代表的なプロジェクトを選定して評定されるため、その結果が組織全体としての品質の向上、生産性の向上、短工期開発(QCD)に結びつかないことがあった。そのため近年では、CMMI の成熟度レベルの達成を目指す改善ではなく、より本質的な実効のあるプロセス改善活動の方法論が議論されている。

本研究では、効果的なプロセス改善の実施方法について議論する。それまでは CMMI の成熟度レベル 3 の達成がプロセス改善のゴールであったのに対して、本研究ではレベル 3 の達成をスタートとして、組織全体で活用する効果的なプロセス改善の方法論の確立を目指すものである。

本研究では、プロセス改善活動の定着化、手戻り低減のためのプロセス管理、定量的リスク管理、の 3 つから構成される方法論を提案する。プロセス改善活動の定着化とは、成熟度レベル 3 を達成した後、アプレイザル対象にならなかったプロジェクトに対してプロセス改善活動を推進することで、組織全体にプロセス改善活動を浸透させるものである。プロジェクトランクを設定し、EPG 進捗会議、SME レビュー、誘導型チェックリスト、外部監視を組み合わせることでプロジェクトマネージャをサポートし、プロジェクト完了評価と簡易アプレイザルを実施することで、CMMI コンピテンシーの向上を目指すものである。

手戻り低減のためのプロセス管理とは、プロジェクトコストの 30-40%を占めると言われる手戻りを埋め込んだ上流工程のプロセスを特定して改善することで、下流工程で発生する手戻りを低減させるものである。開発ライフサイクルのテスト工程で作成される問題管理票を活用し、最も多くの手戻りを生んだ上流工程のプロセスを識別しプラクティスを追加することで、それぞれの組織毎の実効の期待できるプロセス改善を目指すものである。

定量的リスク管理とは、それまでプロジェクト中心に行われてきたリスク管理の主体を組織に引き上げ、組織的に蓄積された履歴データを用いてリスク管理を実施するものである。プロジェクトで特定したリスクの顕在化による影響を数値化し、プロジェクトが挽回可能な期間を上回る影響がある場合には、組織としてリスク対応策を発動することで、納期遅延などの問題を予防するものである。

提案した 3 つの方法論を実際のシステム開発に適用し、その結果から提案方法の有効性を評価することで、主に次の 3 つの成果が得られた。

- (1) 従来、CMMI の成熟度レベル 3 の達成で満足していたプロセス改善活動を、本来の目的である組織全体の活動にするための方法論を創出したこと。
- (2) 成熟度レベルの達成によるコンフォーマンスが重視されていたプロセス改善活動に対して、パフォーマンス重視の考え方を提示し、その方法論を確立したこと。
- (3) プロセス改善の導入が定められたプラクティスの導入とその実施証跡を残すことに重きが置かれていたのに対して、統計的メトリクスを用いた実効のあるリスク管理の実装方法を提案したこと。

本研究の成果は、プロセス改善技術を通してソフトウェア工学の発展に貢献するものである。

# Abstract

During the 1990s and the 2000s, process improvement activities were introduced to Japan often with the aim of achieving a certain maturity level in the Capability Maturity Model Integration (CMMI). However, as the CMMI maturity level is evaluated by selecting an organization's representative projects, the evaluation does not necessarily lead to improvements in QCD (Quality, Cost, and Delivery). Therefore, in recent years, there have been discussions about developing a methodology for essential effective process improvement rather than achieving CMMI maturity level.

In this research, we will discuss an effective process improvement methodology. Conventionally, achievement of maturity level 3 of CMMI was the goal of process improvement. However, in this research, we aim to establish a methodology for effective process improvement as the achievement of level 3 is the starting point.

Our proposal includes spreading CMMI Level 3 conformance across the entire organization, and process management for reducing rework as well as the quantitative risk management process. Spreading CMMI Level 3 conformance means promoting process improvement activities throughout the organization by focusing on projects that were not subject to appraisal. We propose a method by establishing project rank and supporting project managers by incorporating EPG progress meetings, SME reviews, inductive checklists, and watchdogs. Then, we evaluate the improvement in CMMI competency by implementing the project completion evaluations and simple appraisals.

Process management for reducing rework indicates to reduce rework by specifying and improving the upstream process that embeds rework that is said to account for 30-40% of project cost. By utilizing a problem management ledger and identifying upstream processes that resulted in rework, we identified effective areas of improvement in each organization, thereby effectively improving processes.

Improvement of the quantitative risk management process means by raising project management from a project to entire organizations, implement risk management using systematically accumulated historical data. By quantifying the impact of risk identified in the project, we will implement risk response measures as an organization when the project exceeds the recoverable delay amount. We aim to establish a risk management method that can prevent issues such as delayed delivery

By applying the proposed three methodologies to the actual system development projects and evaluating from the result, mainly the following outcomes were obtained.

- (1) A method to extend the process improvement from a project of CMMI maturity level 3 to the entire organizations
- (2) A method of the performance-based process improvement instead of conventional conformance-based process improvement
- (3) A method of implementing effective risk management processes using statistical metrics unlike conventional prescribed practices with the execution trace.

The achievement of this research contributes to facilitating the progress of software engineering through process improvement technology.

# 目次

1	はじめに.....	7
1.1	研究の背景 .....	7
1.2	研究の目的 .....	7
1.3	本論文の構成.....	8
2	プロセス改善の基本的な考え方と課題 .....	9
2.1	プロセス改善の観点 .....	9
2.1.1	モデルアプローチ.....	9
2.1.2	経験的アプローチ.....	10
2.2	モデルアプローチを用いたプロセス改善の背後にある問題.....	10
2.3	コンフォーマンスとパフォーマンスの構造 .....	11
2.4	解決すべき課題 .....	11
3	関連研究.....	12
3.1	プロセス改善の手順 .....	12
3.1.1	<i>IDEAL</i> モデル.....	12
3.1.2	その他のプロセス評価モデルと改善のアプローチ .....	13
3.1.3	プロセス評価モデルにおけるアブレイザルの意味 .....	13
3.1.4	開発側のベストプラクティスモデル.....	13
3.2	プロセス改善活動の定着化.....	14
3.2.1	<i>CMMI</i> などプロセスモデルの導入.....	14
3.2.2	開発現場での独自モデルの導入.....	14
3.2.3	日本版 <i>CMMI</i> の検討と成熟度レベルの達成.....	16
3.2.4	まとめ .....	16
3.3	手戻りの低減のためのプロセス管理.....	17
3.3.1	プロセス改善における <i>PDCA</i> の考え方.....	17
3.3.2	上流工程でのプロセス改善活動.....	18
3.3.3	<i>CMMI</i> 高成熟度レベルでのプロセス管理 .....	18
3.3.1	まとめ .....	19
3.4	定量的リスク管理方法 .....	20
3.4.1	リスク管理のプラクティス .....	20
3.4.2	組織的リスク管理.....	20
3.4.3	各分野におけるプロジェクトリスク管理.....	20
3.4.4	まとめ .....	21
3.5	関連研究における本研究の位置づけ.....	22
3.5.1	プロセス改善活動の定着化 .....	22
3.5.2	手戻り低減のためのプロセス管理.....	22
3.5.3	定量的リスク管理.....	22
4	効果的プロセス改善のフレームワーク .....	23
4.1	3つのイネーブラー .....	23
4.1.1	プロセス改善活動の定着化 .....	23

4.1.2	手戻り低減のためのプロセス管理.....	23
4.1.3	定量的リスク管理方法.....	24
4.2	本研究と CMMI 高成熟度レベルとの差別化.....	24
4.2.1	CMMI の成熟度レベルの構成.....	24
4.2.2	HML の考え方と成立要件.....	25
4.2.3	HML と 3 つの本提案のフレームワークとの差別化.....	26
5	プロセス改善活動の定着化.....	27
5.1	プロセス改善活動が定着化しない要因分析.....	27
5.1.1	プロセス改善の要因分析の対象事例.....	27
5.1.2	プロセス改善の要因分析の結果.....	28
5.2	プロセス改善活動の定着化方法.....	29
5.2.1	CMMI コンピテンシーの向上.....	29
5.2.1.1	EPG 進捗会議.....	29
5.2.1.2	SME レビュー.....	29
5.2.2	プロセス改善活動の定着化の手順.....	30
5.2.2.1	フェーズ1 プロジェクトランクの設定.....	30
5.2.2.2	フェーズ2 PM サポートの実施.....	31
5.2.2.3	フェーズ3 コンピテンシーの評定.....	32
5.3	提案方法の適用.....	32
5.3.1	事例.....	32
5.3.2	事例への提案方法の適用.....	32
5.3.2.1	ランクの設定.....	33
5.3.2.2	PM サポートの実施.....	33
5.3.2.3	CMMI コンピテンシーの評定.....	34
5.3.3	適用結果.....	35
5.3.3.1	コンピテンシーは向上したか？.....	35
5.3.3.2	プロセス改善活動が定着化したか？.....	35
5.4	考察.....	36
5.4.1	提案方法に要する工数.....	36
5.4.2	投入した工数の妥当性.....	36
5.4.3	提案方法の改善.....	37
5.5	まとめ.....	37
6	手戻り低減のためのプロセス管理.....	38
6.1	プロセス改善と手戻り.....	38
6.1.1	プロセス改善のアプローチ.....	38
6.1.2	手戻りとは何か？.....	39
6.1.3	手戻りを低減させるためのプロセス改善.....	40
6.1.4	解決すべき課題.....	40
6.2	手戻り低減のためのプロセス管理.....	41
6.2.1	プロセス改善の組織目標の設定.....	41
6.2.2	手戻り工数の可視化.....	41
6.2.3	改善すべき前工程の成果物の特定.....	41
6.2.4	不適合を埋め込んだ根本原因の分析.....	42

6.2.5	根本原因を解消するプラクティスの追加.....	42
6.3	適用評価.....	43
6.3.1	事例.....	43
6.3.2	第1ラウンド.....	43
6.3.3	第2ラウンド.....	44
6.3.4	第3ラウンド.....	45
6.4	適用結果.....	46
6.5	考察.....	47
6.5.1	手戻りを発生させたプロセスを特定する手順の確立.....	47
6.5.2	組織目標の実現に寄与する改善手順の確立.....	47
6.6	まとめ.....	47
7	定量的リスク管理方法.....	48
7.1	リスク管理が成功しない要因.....	48
7.1.1	リスク管理プロセスの事例分析.....	48
7.1.2	リスク管理が間に合っていない要因分析.....	49
7.2	提案方法.....	50
7.2.1	基本方針.....	50
7.2.2	手順.....	51
7.2.2.1	リスク管理台帳およびWBSの作成.....	51
7.2.2.2	EVMを用いた定量的な進捗管理.....	52
7.2.2.3	ロジスティック回帰分析によるリスク分析.....	52
7.2.2.4	リスク対応戦略.....	52
7.3	適用評価.....	53
7.3.1	組込み型システム開発での適用事例.....	53
7.3.2	適用評価.....	55
7.4	考察.....	56
7.4.1	タイムリーで正確なリスク報告の実施.....	56
7.4.2	PMのリスク評価スキル不足.....	56
7.4.3	リスク管理方法の不統一.....	56
7.4.4	リスクの可視化の不足.....	56
7.5	まとめ.....	56
8	結言.....	57
9	謝辞.....	58
	参考文献.....	59
	研究業績.....	62

# 1 はじめに

## 1.1 研究の背景

CMMI Institute が発行している CMMI Maturity Profile[8]によれば、世界中の多くの国で毎年継続的に CMMI[10]の達成アプレイザルが開催されている。CMMI はプロセス改善の分野において最も信頼できるツールとして支持されていると言ってよいであろう。

しかしながら、CMMI をベストプラクティスモデルとして用いることは、当初から問題点も指摘されてきた。成立経緯からみても明らかな通り、もともと CMMI はエクセレントカンパニーと呼ばれる成功企業を調査し、その活動の主要部分を取り出して体系化したものである。すなわち、ベストプラクティスとは「成功した会社はこうやっていた」というものである。しかしながら、その裏命題である「こうやれば成功する」ことを保証するものではない。CMMI を導入してベストプラクティスを推進することで CMMI に対するコンFORMANCE(Conformance)が向上した場合でも、その結果として、本来の目的である QCD 向上などのパフォーマンス(Performance)の向上に必ずしも結びつくわけではない。

CMMI は米国国防総省の調達モデルを想定して作成されているが、米国国防総省では CMMI 成熟度レベル 3 を調達基準としているため、多くの組織が成熟度レベル 3 達成を以ってプロセス改善活動を終了し、その上位のレベルの 4-5 には取組んでいないことが CMMI Maturity Profile から明らかになっている[8]。

また、CMMI の達成アプレイザルは SCAMPI[9]と呼ばれるルールに従って、対象組織からいくつかのプロジェクトを選定して実施される。それは組織全体からすれば一部のプロジェクトでしかない。達成アプレイザルに合格したからといって、本来の目的である組織全体での底上げにはつながるのは難しいと言って良い。

1993 年に CMMI の前身であるソフトウェア CMM Ver1.1 が発行され、国内に導入されてからすでに四半世紀が経過した今日では、CMMI を導入した多くの組織ではレベル 3 相当までのプロセス改善は進めていると言って良いであろう。しかしながら、これまでの活動では QCD などの向上にはつながらず、プロセス改善活動の本来の目的が達成されていない状況にある。

## 1.2 研究の目的

CMMI を用いたプロセス改善において、CMMI へのコンFORMANCEが向上すれば、その結果としてパフォーマンスの向上が伴うのかという点について長い間議論されてきた。本研究では、プロセス改善によりパフォーマンスの向上を実現させるためには、CMMI レベル 3 を達成した状態を起点として、その上にパフォーマンス向上のためのイネーブラーを確立する必要があるという立場を取る。このイネーブラーを提案するのが本研究の目的である。すなわち、CMMI レベル 3 達成後に継続する、効果的なプロセス改善方法の確立を目指すものである。

また、これまでの CMMI を用いたプロセス改善活動では、常に活動の形骸化問題が存在していた。形骸化問題とは、アプレイザル対策ばかりを重視して、本質的な改善が伴わないという問題である。CMMI が調達モデルとして開発されたため、開発側の組織も入札基準を満たすことが活動の主たる目的となり、アプレイザル対象プロジェクト以外の関係者は、CMMI によるプロセス改善に関心を持たないということが起こりうる。

本研究では、提案するイネーブラーにより次の形骸化問題の解消を目指す。

- (1) 本来は、組織のボトムラインのプロジェクトが CMMI レベル 3 を達成して、はじめて組織的に合格したと評定すべきところを、組織の中で改善が進んでいる数プロジェクトだけを対象にして評定している点
- (2) 本来は、それぞれの組織の事情に応じて改善すべきプロセスを特定するところを、成熟度レベル毎に定められた画一的なプロセスを導入して、プロセスを改善したと評定している点
- (3) 本来は、対象組織毎に固有の基準やしきい値を定めるべきところを、その最適値を求める方法論を確立しないまま運用している点

### 1.3 本論文の構成

本論文の構成を以下に示す。第2章はプロセス改善の基本的な考え方と本研究の課題について説明する。第3章では関連研究のサーベイを行って、これまでこの分野でどのような議論が行われてきたかを明確にする。第4章では、効果的なプロセス改善フレームワークと、CMMIの高成熟度との差別化を説明する。第5章では、CMMI成熟度レベル3を達成した後に継続するプロセス改善活動として、レベル3の組織全体への浸透の方法論を述べる。第6章は、手戻り低減のためのプロセス管理について説明する。第7章は、CMMIレベル3に含まれるプロセス領域からリスク管理プロセスを取り上げ、その改善方法について説明する。第8章で結言、第9章で謝辞を述べる。



## 2 プロセス改善の基本的な考え方と課題

### 2.1 プロセス改善の観点

ソフトウェア開発の品質や生産性を向上させる方法の一つとして、ソフトウェア開発ライフサイクルの上流工程でのプロセス管理を徹底することで、品質を向上させる試みが行われてきた。ソフトウェア製品の品質を向上させるためには、出荷前に綿密なテストを実施することで不良品を市場に出さないという手段も考えられるが、出荷テストのような下流工程で品質を確保するのでは、その修正コストが増大して納期が遅延する問題を招く。そのためテスト工程に至る前の上流工程で品質を確保しようとするのがプロセス改善の考え方である。

プロセスを改善するということは、「現状」のプロセスを「あるべき姿」へ向かって改善することを意味する。ところがプロセス改善を導入する組織にとって「あるべき姿」とはどんな姿なのか明確になっていないことが多い。そのような場合のアプローチとして、モデルアプローチと経験的アプローチの2つ観点が知られている。

#### 2.1.1 モデルアプローチ

モデルアプローチとは、プロセスモデルを「あるべき姿」と仮定して、そのプロセスモデルに向かって改善するアプローチである。プロセスモデルの代表的な例として、国際標準化機構(International Organization for Standardization, ISO)や国際電気標準会議(International Electrotechnical Commission, IEC)が作成した ISO 9001[30], ISO/IEC 12207[27], ISO/IEC 15504[42], 米国カーネギーメロン大学(Carnegie Mellon University, CMU)のソフトウェア工学研究所(Software Engineering Institute, SEI)が開発した 能力成熟度モデル統合 CMMI などがある。

プロセスモデルには、それまで多方面で議論されたベストプラクティスが記載されている。ベストプラクティス(Best Practice)とは、プロセス改善の分野で成功してきたプラクティスであり、文字通り最善と思われるプラクティスを指す。プロセスモデルを導入することで、記載されているベストプラクティスが実装されることになり、その結果プロセスが改善されるという考え方である。モデルアプローチによるプロセス改善の例を図 2-1 に示す。主に、米国、英国、日本でモデルアプローチを用いたプロセス改善が行われている。

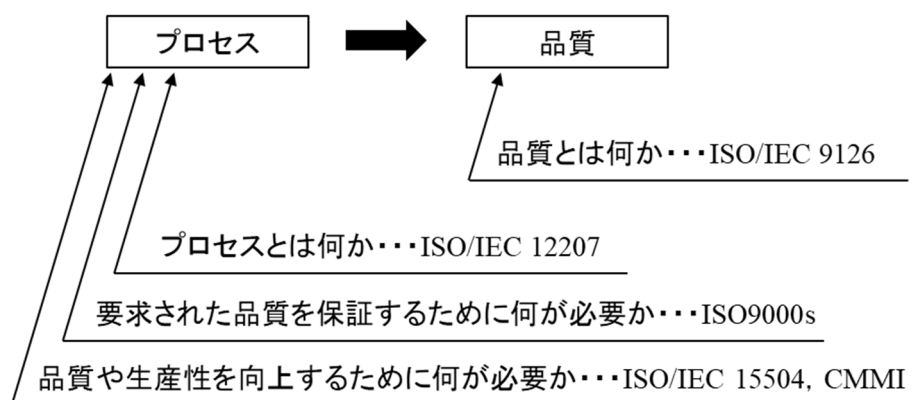


図 2-1 プロセスや品質などの国際規格での定義

### 2.1.2 経験的アプローチ

経験的アプローチとは、社内外のベンチマークを利用してプロセス改善を試行し、成功経験を活かすアプローチである。組織としての目標を決めて改善計画を作成し、その計画にしたがって改善していく過程で獲得した経験則に基づき、それぞれの組織にとってのあるべき姿を定めていくものである。経験的アプローチの方法として、TQM(Total Quality Management)[5], PDCA(Plan, Do, Check, Act)[12], GQM(Goal, Question, Metrics)[4]などが知られている。その一例として図 2-2 に GQM を用いて、プロセス改善のゴール(Goal)に対して、質問(Question)とメトリクス(Metrics)に分岐した図を示す。主にドイツなどで経験的アプローチによるプロセス改善が行われている。

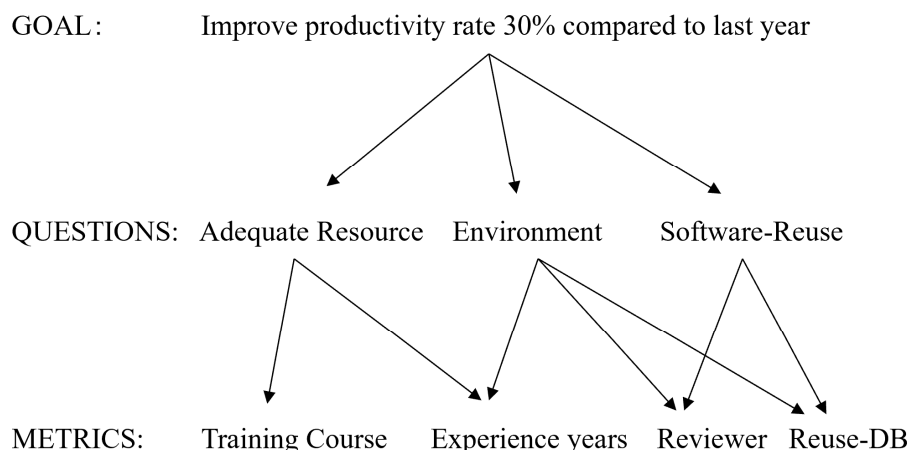


図 2-2 GQM Method での分岐の一例

## 2.2 モデルアプローチを用いたプロセス改善の背後にある問題

モデルアプローチと経験的アプローチはどちらが良いか悪いかという問題ではない。うまく併用することが望ましいが、まさにこれからプロセス改善を始めるといふ組織に対して、いきなり経験則を求められる経験的アプローチから開始するということは難しいと考えられる。一方、モデルアプローチでは、与えられたプロセスモデルを実装すればプロセス改善を実現したことになる。そのため国内でも多くの組織がモデルアプローチを選択している。

このように一見わかりやすいモデルアプローチではあるが、モデルアプローチを選択した際にはプロセス改善を導入する目的と手段を取り違える問題が指摘されている。図 2-1 に示した通り、プロセス改善を導入するのは、プロセス改善の結果として品質の向上などの実効が伴うことを期待しているためである。すなわち、品質向上などを実現することがプロセス改善を導入する目的であり、プロセス改善自体はその手段に過ぎない。然るに CMMI の成熟度レベルに合格すると、それでプロセス改善の目的を達成したかのように捉える傾向がある。

この取り違えの根底にあるのは、プロセスモデルに記載されているベストプラクティスを実装して成熟度レベルが向上しさえすれば、その結果として品質向上などの実効が伴うことを前提としているためである。実際に米国の研究でも、CMMI を導入して、その成熟度レベルが向上するのに伴って、製品品質、生産性、スケジュール順守能力、予算順守能力、従業員の士気が改善した事例が報告されている（例えば、[23]）。しかし、それはあくまでも一例であり、一般論として CMMI の成熟度レベルが向上すれば QCD の向上が伴う、との主張には議論がある。

## 2.3 コンフォーマンスとパフォーマンスの構造

モデルアプローチでは、プロセスモデルに記載されているベストプラクティスを「あるべき姿」として実装することを目的としているため、あるべき姿の達成とはプロセスモデルへのコンフォーマンスを高めることに等しい。コンフォーマンスとは、規格やモデルに対する適合性を指す。一方、組織としてプロセス改善を導入する狙いは、品質をはじめとする QCD などパフォーマンスの向上にある。

このコンフォーマンスとパフォーマンスの関係について、その目的、記載内容、評価方法、評価対象、改善の意味を表 2-1 に示す。

表 2-1 コンフォーマンスとパフォーマンスの構造

	コンフォーマンス (Conformance)	パフォーマンス (Performance)
目的	ベストプラクティスの実装 成熟度レベルの達成	品質の向上、生産性の向上、単工期開発の 実現、従業員満足度の向上、顧客満足度の 向上など
記載内容	米国国防総省の調達モデルであり、全ての 組織で必要とされる共通のプラクティスを 記載	各社で開発標準等を作成し、それぞれの組 織やプロジェクトに必要なプロセスやプラ クティスを積み上げて作成
評価方法	SCAMPI-A 組織人数やプロジェクト数に応 じてアプレイザル対象の規模を決定 予め定められた質問集を用いて、インタビ ューと文書レビューによって評定	プロセス改善の導入前と導入後での比較
評価対象	本来はボトムライン評価であるが、実際は 組織の一部の優良プロジェクトが対象とな る	組織全体 開発部門ばかりではなく営業や経 理など間接部門を含む全て
改善の意 味	アプレイザルによって「強み」と「弱み」 を識別して、「弱み」を「強み」へ変換する こと	QCD などの向上

## 2.4 解決すべき課題

CMMI は元々米国国防総省の調達モデルである。調達モデルは全ての組織で実装するべき必要最低限のプラクティスを求めている。また CMMI の評定は、SCAMPI (Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement) のルールに従って執り行われるため、実際には組織の上澄みにある優良プロジェクトを対象に実施されている。すなわち、CMMI の成熟度レベルを達成したといっても、それは組織の中のいくつかのプロジェクトが必要最低限のレベルに到達したことを意味している。現実的に CMMI のレベル 3 に合格したからといって、それによって QCD の向上など実効が保証されるとはいえない。CMMI のレベル 3 達成は、プロセス改善活動を開始するための準備が整った状態にあることに過ぎないのである。

すなわち、モデルアプローチによるプロセス改善において、CMMI レベル 3 の達成はプロセス改善のゴールではなくスタートなのである。CMMI レベル 3 までのプロセスが実装された状態を起点として、組織全体のパフォーマンスの向上を実現させるためのイネーブラーを確立することが、解決すべき課題となっている。ここでイネーブラー(Enabler)とは、プロセス改善の活動によるコンフォーマンスの向上に伴い、QCD 向上などのパフォーマンスの向上を実現可能にする(イネーブルする)ための方法論を指す。

## 3 関連研究

本研究の関連研究として、まず 3.1 にてプロセスモデルを用いたプロセス改善の手順についてレビューし、次に、3.2～3.4 にて先行研究について文献サーベイを行う。最後に、3.5 においてこれらの関連研究と本研究との視点の違いを明確にする。

### 3.1 プロセス改善の手順

本研究で議論の対象としている CMMI は「プロセス評価モデル」である。CMMI は開発プロセスのベストプラクティスをまとめたものであり、そのベストプラクティスをテンプレートとして対象組織のプロセスの実装具合を評価(アプレイザルという)するために用いられる。したがって、CMMI はプロセス改善モデルではなく、プロセス評価モデルである。

モデルアプローチを用いたプロセス改善の方法は、それぞれのプロセスモデルとセットで作成されていることが多い。以下では、最も汎用的に利用されている CMMI の IDEAL モデルとその他のプロセス改善の方法論を説明する。

#### 3.1.1 IDEAL モデル

CMMI のプロセス改善の手順は、IDEAL アプローチ[20]と呼ばれる。IDEAL モデルでは、組織におけるプロセス改善を推進する際の活動内容を計画・定義できるよう、改善活動の典型的なライフサイクルを示したりファレンスモデルであり、「開始」「診断」「確立」「行動」「学習」の 5 つのフェーズで構成されている。

##### (1) 開始フェーズ(Initiating)

プロセス改善の実施に先立って、改善活動の背景を明らかにして改善の動機付けを行い、主催者の態度を固め、支援体制や活動体制を確立する。IDEAL モデルでは、各フェーズを繰り返し行うことが前提となるが、開始フェーズだけは原則として改善活動に着手する最初に 1 回だけ実施する。

##### (2) 診断フェーズ(Diagnosing)

評定や診断などを実施して改善活動の対象である組織/プロジェクトの現状を評価するとともに改善後の状態(ゴール)と比較して、ギャップや改善ポイントを明らかにする。

##### (3) 確立フェーズ(Establishing)

診断フェーズで得られた結果に基づいて、プロセス改善活動の優先順位と取組み方を策定し、具体的な改善計画を作成する。

##### (4) 行動フェーズ(Acting)

確立フェーズで作成された改善計画に従って解決策を作り、その先行評価、試行、パッケージ化、展開、長期支援移行を実施する。プロセス中心アプローチと問題中心アプローチの 2 つがある。

##### (5) 学習フェーズ(Learning)

行動フェーズの結果を受けて、これまでの活動を分析してその妥当性を確認し、次のサイクルの準備を行う。ここでプロセス改善活動のレベル向上を計画し、より効果的かつ効率的な方法を整理、提案するなど、継続的改善を定着させる。

すなわち、プロセス改善の初期段階でプロセス評価モデルを用いた診断を実施し、現状とあるべき姿のギャップを識別して改善計画を作成して、計画に従ってプロセス改善活動を推進するというものである。

### 3.1.2 その他のプロセス評価モデルと改善のアプローチ

CMMI は元々ソフトウェア開発を対象として作成され、今ではその範囲をシステム開発まで拡大している。CMMI 以外に利用されているプロセスモデルとして、製造業を対象とした ISO 9001, システム開発を対象とした ISO/IEC 12207, ISO/IEC 15504 などがある。

プロセス改善の方法としては、ISO/IEC 15504 では Geese モデル[42]が用いられる。Geese モデルは CMMI の IDEAL モデルを参考に作られていることもあり、求めている内容に大きな違いはない。その他、コンサルティング会社がそれぞれ独自の方法を提案しているが(例えば、PPIM, GQM など)、多少見方が異なる程度で基本的には同様のことを提案している。

### 3.1.3 プロセス評価モデルにおけるアプレイザルの意味

CMMI で実施するアプレイザルは、日本語では「評定」と訳される。CMMI の用語集によれば、評定 (Appraisal) とは「一つ以上のプロセスの診断であって、トレーニングされた専門家のチームにより行われ、強みと弱みを判断するための基盤として評定参照モデルを使用する診断のこと」と定義されている ([8], P456)

3.1.1 で述べた IDEAL モデルではアプレイザルを実施するフェーズのことを「診断フェーズ」と呼んでいる。ここで診断 (Diagnosing) とは、医者が患者の健康状態を診断するのと同様に、改善活動の対象である組織/プロジェクトの現状を評価するものである。

一方、ISO9001 では同様の行為を「監査」と呼んでいる。監査 (Audit) の英語の語源には「悪事を暴く」という意味があり [26], 行政監査や会計監査などのように「嘘をついていないことを調べる」というニュアンスが強い。そのため監査では、証拠の有無や他との関連の不整合まで綿密に調査されることになる。

CMMI において、「監査」ではなく「評定」という用語が用いられるのは、アプレイザルの実施は犯人探しではなく、プロセスの強みと弱みを識別することで改善につなげることを目的としているためである。

### 3.1.4 開発側のベストプラクティスモデル

CMMI や ISO/IEC 15504 は開発プロジェクトのプロセスを評価するものであるが、その位置づけは組織やプロジェクトが実施したプロセスを評価する受け身の立場でしかない。実際にプロセス管理やエンジニアリング活動を行っているのはプロジェクトなどの開発側である。そのためプロセス改善の有効性が認識されるようになって以降、活動の主体であるプロジェクト管理のプロセスの改善の重要性にも着目されるようになった。

プロジェクト管理のプロセスとしては、米国プロジェクト管理学会 (Project Management Institute, PMI) が発行しているプロジェクトマネジメント知識体系ガイド (Project Management Body of Knowledge, PMBOK) [47], 経済産業省の指導の下に開発されたプロジェクト & プログラムマネジメント標準 (A Guidebook of Project & Program Management, P2M) [45], イギリス商務局が開発した PRINCE2 (Projects IN Controlled Environments, 2nd version) [51] などが知られている。

このようなプロジェクト管理のプロセスの特徴は、ソフトウェア開発などの分野を特定せずに、どの領域のプロジェクト管理にでも適用できる管理方法として設定されている点である。したがって、プロジェクト管理のスキルを習得すれば、別の分野のプロジェクトであっても、プロジェクト管理者としての役割を果たせることになる。

## 3.2 プロセス改善活動の定着化

### 3.2.1 CMMI などプロセスモデルの導入

モデルアプローチを用いたプロセス改善に関する先行研究としては、1990 年代の中・後半において米国での導入事例が報告された。CMMI を組織に導入し、成熟度レベルの順番にプロセス改善活動を実施した事例報告であり、Hughes Aircraft[24], Raytheon[14], Motorola[13], Schlumberger[53], Air Logistics Center at Tinker Air Force Base[37]など、大規模組織での事例が報告されている。これらの事例報告では、プロセス改善活動によって、主にサイクルタイム、欠陥密度、生産性、費用対効果の改善があったと報告されている。

しかしながら、これらの組織でベストプラクティスを導入して改善効果が確認されたのは事実としても、その導入方法、対象規模、アプレイザルの期間と方法などについて、いくつかの疑問が提示された。モデルアプローチによるプロセス改善では、成熟度レベルを合格することがプロセス改善のゴールのように扱われており、それが組織全体としてプロセス改善を達成したと良いいのかという疑問である。

例えば、Herbsleb ら[22]は、アプレイザル対象となり、成功事例として報告されているのは、会社全体からみれば一部の組織やプロジェクトであり、全体的な成功と認識するための代表性(representativeness)について疑問を呈している。実際に上記の報告にも、このような大規模組織全体でプロセス改善活動が展開されているのかは明記されていない。

また CMMI の公式アプレイザルでは、多くの場合はリードアプレイザ資格を有する組織外部のリソースを雇って、およそ 2-3 年に一度実施される。組織外部のリソースを雇うには大きなコストがかかる。大きなコストを掛けて実施するアプレイザルが不合格になり、何度も再受審するような事態は組織としてはどうしても避けたい。表 2-1 でも説明した通り、CMMI では予め公開されている質問集を用いてインタビューと文書レビューによって評定されるため、公式アプレイザルの実施の約 3 ヶ月前からアプレイザルのための証跡を集め、質問事項に対する答え方の練習をするなど、アプレイザル対策に時間をかけることになる。これが CMMI の活動を形骸化させる原因の一つとなっている。

そのため Muller ら[39]は、このような大掛かりな公式アプレイザルを実施することに疑問を呈した。大掛かりなアプレイザルを数年に一度実施するのではなく、進捗会議を利用してコストをかけずにプロセス改善プロジェクトをモニタリングする方法を提案した。また Caffery ら [38]は、小規模のソフトウェア会社における限られたリソースにおいて、画一的な方法によるアプレイザルの実施について疑問を呈し、規模に影響を受けない統一した評価方法を提案している。

その後、国内にプロセス改善が導入されるようになると、このような米国の大規模組織を前提とした方法ではなく、国内の一般的な規模の開発プロジェクトでも導入しやすい方法が議論されるようになった。

### 3.2.2 開発現場での独自モデルの導入

モデルアプローチによるプロセス改善は、プロセスモデルへのコンフォーマンスを高める方法と、プロセスモデルはあくまでも参照モデル(Reference Model)と捉えて、各社の事情に応じてカスタマイズする方法がある。

プロセスモデルへのコンフォーマンスを高めるのは、与えられた雛形に嵌めることでベストプラクティスを正確に実装するものである。そのためコンフォーマンスの評価方法が重要な要素となる。コンフォーマンス評価に対する考え方としては、国際標準として ISO/IEC 17000 適合性評価-用語及び一般原則(Conformity Assessment – Vocabulary and General Principles)[28]が発行されている。ISO/IEC17000 では、適合性評価(Conformance Assessment)とは、適合性評価を受ける対象が規定要求事項を満足しているかどうかを表明することに係る活動、と定義している。適合性評価を受ける対象には、アプレイザルを実施するプロセス、組織、プロジェクトが含まれる。規定要求事項とは評価を受ける対象に適用される技術基準やシステム基準を指す。

Oemig ら[43]は、例えば、データ交換についてのコンフォーマンスを満たす手段として、全ての標準文書には、コンフォーマンスのキーワードの定義、コンフォーマンス条項、コンフォーマンス要求事項の記述の 3 つが含まれる必要があると指摘した。また Gebase ら[18]も、同じくデータ交換のケーススタディを用いて、コン

パフォーマンステストと相互利用性について議論した。これらの先行研究では、コンフォーマンスを正しく評定するために、コンフォーマンス要求事項を記載した標準と明快な基準の記載が必須であり、これにより正しい実装が期待できると説明している。

本研究の対象であるモデルアプローチを用いたプロセス評価でも、コンフォーマンスを評価する基準が明確に定められている。例えば、ISO/IEC 15504 では、対象プロジェクトのプロセスの実装具合を、100-86%なら Fully Satisfied(十分に)、85-51%なら Largely Satisfied (大部分)、50-16%なら Partially Satisfied (部分的に)、15-0%なら Not Satisfied (ほとんどない)の4段階で評価する。このとき Fully と Largely に評価されれば「強み(Strength)」と評定し、Partially と Not の場合は「弱み(Weakness)」と評定され、アプレイザル実施報告書を作成する。アプレイザル報告を受け取った組織やプロジェクトは、アプレイザルで「弱み」と評定されたプラクティスを「強み」に改善することでプロセス改善を実施するものである。

一方、プロセス改善を導入してもプロセスモデルの雛形に嵌めることが不要な組織では、プロセスモデルはあくまでも参照モデルとして捉えて、それぞれの組織の事情に合わせたプロセス改善を導入している。例えば、プロジェクトのコストや重要度に応じてランク分けすることで、実装するプラクティスを分類する方法である。例えば、1億円以上のプロジェクトをランク A、5千万円-1億円をランク B、5千万円以下をランク C のように分類する。あるいは、航空機や自動車制御システムなど、ソフトウェアの品質に関わるトラブルが人命に関わるようなプロジェクトをランク A とすることもある。このようなランク分けをした場合のランク A のプロジェクトであれば、CMMI で定められている全てのプラクティスを導入する。先述の通り、もともと CMMI は米国国防総省の調達モデルとして発達してきた経緯があり、記載されているプラクティスは大規模プロジェクトや重大プロジェクトを前提として設定されているためである。

しかしながら、CMMI には一般的な規模の開発プロジェクトには不必要と思われるような活動もあるので、B・ランク C のプロジェクトで CMMI の活動を全て導入すると過剰な要求になりがちである。それを無理に適用すると、却って開発プロジェクトの生産性を阻害し、納期遅延などの問題を引き起こす恐れもある。そこで国内の中小規模のプロジェクトでも適用できるプロセスモデルが必要となった。

例えば、Fukuyama ら[15]は、NTT ソフトウェア社の事例として、CMMI を自社向けにカスタマイズした独自モデルである Specific-CMM を作成し、その独自モデルを「あるべき姿」と捉えて改善する事例を報告した。この方法の場合、CMMI そのものを「あるべき姿」として改善しているわけではないため、公式アプレイザルなどは実施せず、成熟度レベル3などの合格を組織目標にしていない。Fukuyama らの事例では、プロセス改善の具体的な手順として、プロセス改善の導入に用いる「7 つ道具」を提示して、プロセス改善の導入方法を提案している。

また福山ら[16]は、プロセス改善活動の要として適切な構造と作業確認項目をもつプロセスのチェックリストがプロセス改善活動で重要な役割を果たすことを提唱し、誘導型チェックリストを用いたプロセス改善活動の事例を報告した。CMMI を用いたプロセス改善を導入する場合、レベル3をターゲットとした場合でも18個のプロセスに合格しなければならない。対象となるプロセスは、開発のライフサイクルの上流や下流で異なり、またプロジェクト内での役割によっても異なる。いつどこでどのプラクティスを実施しなければならないのかを正確に把握することは難しい。そこで上流工程から励行されるべき基本動作を誘導型チェックリストとしてまとめて、ユーザがあまりプロセスを意識しなくても自然に基本動作を励行できるように整理した。

このように会社独自の導入方法を工夫することは、自ら工夫したプロセス改善の方法として定着化に成功している。

### 3.2.3 日本版 CMMI の検討と成熟度レベルの達成

このように開発現場での独自モデルの導入が行われるようになったところ、2001年に経済産業省により「日本版 CMMI」の導入が検討された[31]。欧米では、国防総省などの軍事施設の調達案件ばかりではなく、他の大規模組織や官公庁の入札に対しても CMMI 成熟度レベル 3 を調達条件とすることがある。例えば、ボーイング社などの航空機製造メーカ、ワシントン州の刑務所、ニューヨーク州の地下鉄なども、調達基準として CMMI のレベル 3 を要求している。

経済産業省から「日本版 CMMI」を導入する機運が高まったことで、国内でも CMMI が標準的に利用可能なベストプラクティスであることが認識された。国内の企業にも CMMI を導入する動機付けとなった。国内でも日本 IBM, NTT データをはじめとする企業が CMMI の導入に動き出している。例えば東芝は、大規模組織におけるソフトウェアプロセス改善活動 10 年間の実践した事例を報告した[46]。また、三菱電機インフォメーションシステムズは、ISO 9001, CMMI, PMBOK の要素を融合させてプロセス改善の活動を継続した結果、フィールド品質の改善、および適用施策に伴う品質コストが低減したことを報告している[17]。

### 3.2.4 まとめ

以上、モデルアプローチによるプロセス改善において、CMMI などのプロセスモデルの導入事例、開発現場での独自モデルの導入、日本版 CMMI をなど個別の事情に応じたプロセスモデルの導入などがこれまで議論されてきた。

しかしながら、CMMI 公式アプレイザルに合格した状態を維持したまま、然るべき方法論を用いて組織全体にプロセス改善活動を定着化させる、という議論は提起されていないと思われる。



### 3.3 手戻りの低減のためのプロセス管理

#### 3.3.1 プロセス改善における PDCA の考え方

CMMI は米国国防総省がカーネギーメロン大学のソフトウェア工学研究所 SEI に作成を委嘱したものである。SEI は、日米欧のエクセレントカンパニーを調査しソフトウェア開発のプロセス管理のベストプラクティスを収集して CMMI を作成している。

ここで特筆されるのは、SEI が CMMI を作成する際に、プロセス改善の根底にある考え方として、日本流の PDCA の考え方を採用している点である。PDCA とは、エドワード・デミング(Edward W. Deming) 博士らが提唱したマネジメントの概念であり、Plan(計画)→ Do(実行)→ Check(評価)→ Act(是正)で構成されるマネジメントサイクルである。プロジェクト管理に関する計画書を作成し、その計画書に従って開発を行い、計画と実際の予実を管理して是正するという活動を指す。

明確なプロジェクト計画書を作成せずに場当たり的なプロジェクト管理を行うと、どうしても手戻り(Rework)が増えて、計画外の活動のために不要な工数を費やすことになる。そのような事態を避けるために、CMMI のプロセス領域(Process Area)は、「プロジェクト計画作成(P)」→「開発(D)」→「プロジェクト進捗管理(C)」→「是正 (A)」のような構造になっており、これを「大きな PDCA」と呼んでいる。さらにそれぞれのプロセス領域の中身が、「構成管理計画書の作成(P)」→「構成管理の実施(D)」→「構成管理の進捗管理(C)」→「構成管理の是正(A)」のように PDCA で構成されており、これを「小さな PDCA」と呼んでいる。

Barry Boehm[6]は、1976 年に“Cost of Procrastination” (引き伸ばしの代償)についての論文を発表して、開発ライフサイクルにおける修正コストを統計的に提示した。図 3-1 は横軸が開発ライフサイクル、縦軸がコーディング段階で発生する修正コストを 1 とおいたときに、各工程で修正が発生した際に要する修正コストを示している。要求定義段階での修正コストはコーディング工程で修正が発生した場合の半分以下であるのに対し、運用段階で修正が発生すればコーディング段階の 20 倍近いコストが掛かることを示唆している。図 3-1 の縦軸が対数グラフになっていることから明らかな通り、開発ライフサイクルの上流でプロセスの品質を確保せずに下流まで引き伸ばすと、その代償は指数関数的に増大することがわかる。このような統計的なデータは、手戻りの発生による不要なコストを予防するためには、PDCA によるプロジェクト管理、および上流工程での品質確保が必須であることを裏付けている。

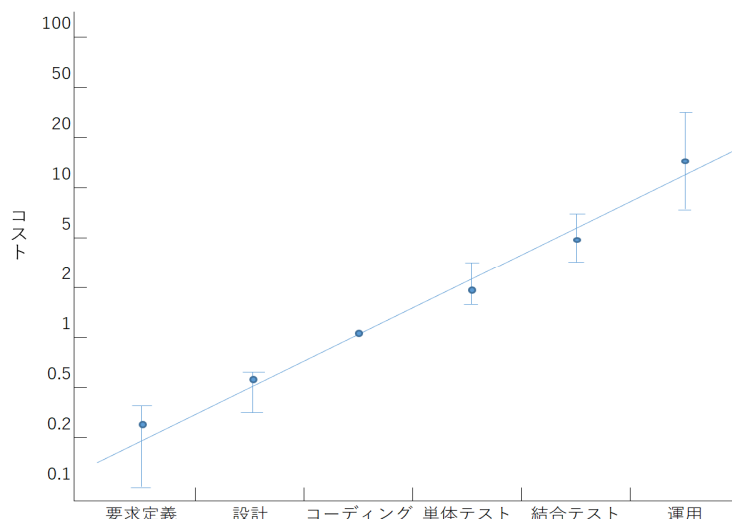


図 3-1 各工程で修正が発生した際に要する修正コスト[6]

### 3.3.2 上流工程でのプロセス改善活動

このような観点からプロジェクトの上流工程の活動に重きをおいてプロセスを改善することで、パフォーマンスを改善させる研究が行われてきた。例えば、坂本ら[48]は、開発プロセスを形式的に記述して分析し、達成される工数削減量を定量的に予測して具体的な利益を示すことで、開発者にプロセス改善を動機付ける方法を提案した。この研究では、開発のライフサイクル上でコードレビュー、単体テスト、結合テストのあり方を改善した結果として欠陥数の削減などの改善効果があったことを示している。しかし、どのプロセスをどれだけ改善すれば、その結果どれだけの改善効果が得られるという意味での定量的な改善効果を示す提案ではない。

また、Tanaka[49]ら、組織の現行のプロセスを記述し、改善成果を見積ることによって動機づけを行ってプロセス改善活動を実施した事例を報告している。この事例報告は有効ではあるが、上流工程のプロセスを改善することで QCD の改善など何か具体的な改善効果を測定したわけではない。

著者ら[25]は、ナレッジマネジメントツールを用いてテスト工程で蓄積される障害管理票を検索し、ISO/IEC 15504 の記述に従って上流工程へ辿ることで、上流工程のプロセスを改善する方法を提案した。テスト工程では、仕様に沿って正しくプログラムが製造されていることを検証するためのテストが実施され、その結果は障害管理票に蓄積される。このとき一枚ずつの障害管理票からはわからなくても、障害管理票を横通しで見ることで「形式化が可能だが形式化されていない知識」が存在することがある。これを障害クラスタと名付けた。ナレッジマネジメントツールを用いてこの障害クラスタを抽出し、ISO/IEC 15504 に記載された作業成果物と特性の記述にしたがって上流工程に遡ることで障害クラスタを埋め込んだ上流工程のプロセスを特定して改善するものである。この様子を図 3-2 に示す。この研究では、もしこの方法で特定したプロセスが正しく実装されていれば、下流工程で発生する帳票の 18%は予防できることを示した。

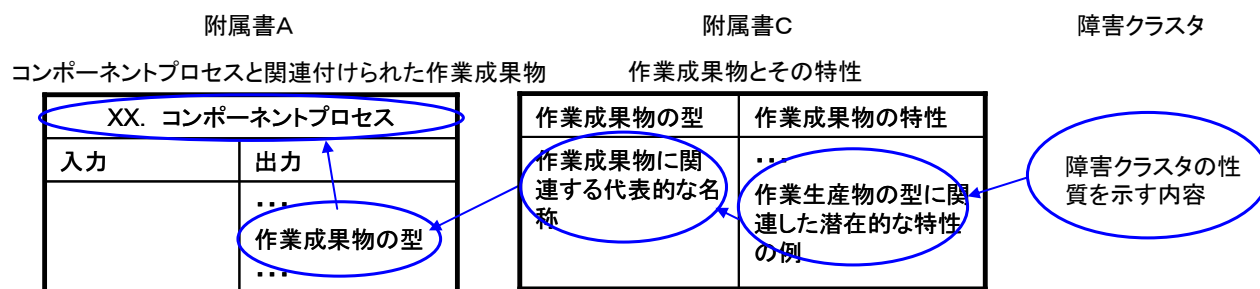


図 3-2 障害クラスタの性質と作業成果物の特性とプロセスとの関係[25]

### 3.3.3 CMMI 高成熟度レベルでのプロセス管理

CMMI の高成熟度レベル 4-5 では、定量的なプロジェクト管理を求めている。定量的なプロジェクト管理とは、統計的方法を用いてプロジェクトの進捗を予測し定量的なしきい値を用いて制御する活動を指す。その方法については毎年北米で開催されている SEPG(Software Engineering Process Group)というカンファレンスで議論され、その内容を参加者が持ち帰りそれぞれの開発現場で適用評価するという活動が広がっている。

高成熟度レベルのプロセス管理で最も頻繁に用いられるのは、開発ライフサイクルを上流と下流に分割し、上流におけるプラクティスの操作により、下流での欠陥の発生数を制御するというものである。ここで「制御する(Control)」とは、上流工程で投入する工数やプラクティスを操作することで、下流工程で発生する欠陥数を意図的に狙った値にドライブすることを指す。プロジェクト計画書の作成段階で品質計画書を作成し、何を制御するかを計画しなければならない。

国内の先行研究では、小室ら[33][35][36]は、上流工程でのピアレビューのプロセスを改善することで、下流工程で発生するテスト欠陥比率を改善した事例を報告した。ピアレビュー(Peer Review)とは、開発担当者の同僚(Peer)によって要件定義書や設計書などの作業成果物をレビュー(Review)する方法であり、その方法にはウ

オークスルー、インスペクション、読み上げ、などが含まれる。上流工程でより多くの欠陥を検出し、下流工程での欠陥検出比率を低減させるために、上流工程での欠陥検出が思わしくない場合には、レビュー方法やレビュースピードをより厳格な方法に変えることで、テスト欠陥比率を制御するというものである。この方法は、SEPG カファレンスをはじめ、CMMI のレベル 4-5 など高成熟度レベルを達成している国内の組織でも標準的に採用されている。

### 3.3.1 まとめ

以上、手戻り低減のためのプロセス改善において、プロセス改善における PDCA の考え方、上流工程でのプロセス改善活動、CMMI 高成熟度レベルでのプロセス管理などが議論されてきた。品質管理の基本は源流管理であり、上流での品質の作り込みを重要視するという議論であるが、それぞれの開発組織にとってどのプロセスを改善することが最も見返りの多いプロセス改善につながるという議論ではない。各開発現場で作成され蓄積された問題管理票から欠陥を埋め込んだ上流工程の改善すべきプロセスを特定し、必要なプラクティスを追加することで手戻りを予防するという議論は提起されていないと思われる。

## 3.4 定量的リスク管理方法

### 3.4.1 リスク管理のプラクティス

リスクとは、発生が潜在的な事象で、発生した場合に好ましくない影響をもたらす可能性のあるものを指す。最近では、不確実な事象という意味において、好ましい影響をもたらすものもリスクと呼ぶことがあるが、本研究では好ましくない影響をもたらす可能性のあるものだけをリスクと呼ぶことにする。

プロジェクトリスク管理は、Boehm[7]や Williams[52]がシステム開発でのリスク管理について、現在一般的に採用されているリスク管理の方法論を示した。すなわち、リスクの特定、アセスメント、対応計画、モニタリングの4つのプロセスとして管理されるものである。その後、プロジェクト管理技術が高度化するに伴い、リスク管理計画、リスク識別、定性的リスク分析、定量的リスク分析、リスク対応計画、およびリスク監視と制御の6つからなるリスク管理プロセスへ発展した[19]

システム開発プロジェクトにおけるプロジェクトリスクの管理についてもベストプラクティスモデルが作成されており、PMBOK, CMMI, ISO9001, ISO/IEC 15504 などのプロセスモデルにも必要なプラクティスが詳細に記載されている。参考として、図 3-3 にプロセスモデルで示されているリスク管理プロセスを示す。

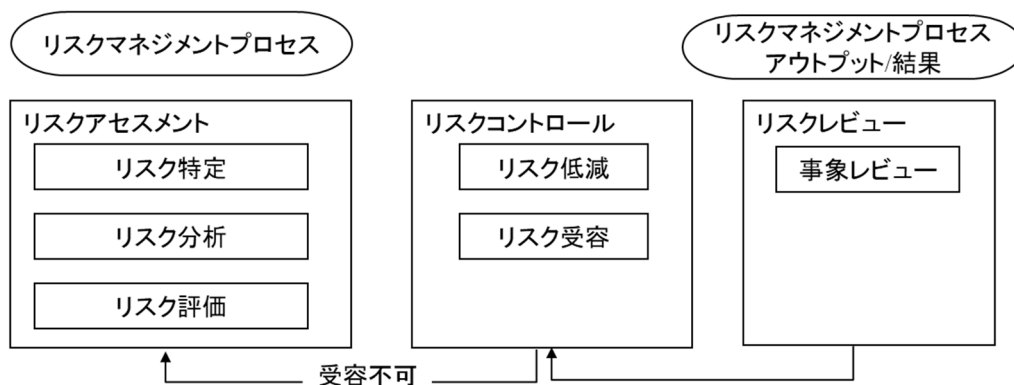


図 3-3 プロセスモデルで示されているリスク管理プロセスの概要 ([47][30])

### 3.4.2 組織的リスク管理

国内におけるリスクマネジメントの標準化は、1995年1月に発生した阪神・淡路大震災を契機として、危機管理システム開発の検討が開始されことを嚆矢とする。2001年3月にはJIS Q 2001としてリスクマネジメントシステム構築の指針が発行された。ISOでは、リスク管理の国際規格であるISO31000(Risk Management Principles and Guidelines)[29]が発行され、組織レベルでのリスク管理のマネジメント技術として位置付けられている。

最近のリスク管理の主な特徴は、組織がリスク管理の主体となっている点であろう。例えば、システム開発を例にとると、実際の開発を担当するのは組織ではなくプロジェクトである。しかし、リスク管のプロセスは組織がプロジェクトと同じ立場でリスク管理を担当している[29]。

### 3.4.3 各分野におけるプロジェクトリスク管理

リスク管理の方法は、どの分野でも基本的には同じであり汎用的に利用できるものであろう。そのためそれぞれの分野で行う他の活動とうまく融合させることにより、負荷のすくないシナジーのある方法で導入することが望ましい。

Acebes ら[1]は、プロジェクトの管理者が、コストやスケジュールが計画値からの逸脱していることを知るために用いるEVM(Earned Value Management)指標を用いることで、リスク管理とEVMを統合する方法を

提案した。これらの情報は、リスク対応のアクション、改善のため情報源、将来の最適化のための活動としても利用できるとしている。また、Muriana ら[40]は、作業の進捗状況により、プロジェクトリスクのアセスメントおよび予防のための方法を提案している。各工程の終わりに得られた実績値を計画値と比較し、プロジェクト全体の実際のパフォーマンスの対するインパクトに配慮して、リスク対応策を取る方法である。現在のプロジェクトのリスクレベルは、加重和として計算されることが多い。もし、その値が計画よりも高い場合には、リスクの低減させるための予防的な措置をとるものである。

またAlhawari ら[2]は、IT 開発のプロジェクトにおいてナレッジマネジメントの考え方をリスク管理に適用する方法を提案している。知識ベースのリスク管理(Knowledge-Based Risk Management)のフレームワークを用いて IT 開発プロジェクトのイノベーションの成功確率が増加すると報告した。Baccarini ら[3]は、IT 開発プロジェクトでの失敗要因を特定するためにインタビューにより 27 の重要な IT リスクをランク付けし、特にトップ 5 のリスクを特定することにより対策することを提案している。

ソフトウェア開発におけるリスク管理の指針として、Cooper[11]らは、ISO31000 と IEC62198 を用いたプロジェクトリスク管理のガイドラインを示している。

#### 3.4.4 まとめ

以上、定量的リスク管理について、プロセスモデルにおけるリスク管理方法、組織的リスク管理の考え方の導入、各分野におけるリスク管理などが議論されてきた。初期のころはどちらかといえばリスクマトリクスを作成して証跡を残すことがリスク管理のプロセスのように捉えられている感があり、リスク管理プロセスが形骸化しているところがあった。その後、プロジェクト管理や組織管理に要素が加わり、EVM 指標を用いるなど定量的なリスク管理も議論されている。

しかし、組織で蓄積されたプロジェクトの履歴データを用いて統計的な方法によりプロジェクトが許容できる挽回可能なしきい値を設定し、組織からリスク対応策を発動する、という議論は提起されていないと思われる。

## 3.5 関連研究における本研究の位置づけ

### 3.5.1 プロセス改善活動の定着化

本研究の位置づけは、従来はアプレイザル対象になっているプロジェクトだけがプロセス改善の対象になっていたものを、組織全体での活動に拡張したものである。

これまでの議論で、組織の一部の優良プロジェクトをアプレイザルに合格させるための改善方法はすでに確立されていると言って良い。しかし、このような活動では、CMMI のレベル 3 達成を以って完了することが多く、パフォーマンスの向上などの実効は期待できない。アプレイザル対象以外のプロジェクトにもプロセス改善を定着化させることで、組織全体としてコンフォーマンスの向上を目指すものである。

本研究は、組織全体のプロジェクトを対象にして、プロジェクトランクの設定、PM サポートの実施、CMMI コンピテンシーの評定のライフサイクルからなる方法論を提案し、実際の開発現場に適用して有効であることを確認した。不必要なコストを投入せずに、プロセス改善を組織文化として定着させるものであり、プロセス管理の土台作りを実現することが期待できる。

### 3.5.2 手戻り低減のためのプロセス管理

本研究の位置づけは、CMMI レベル 3 に対するコンフォーマンスを高めた状態を前提として、手戻り低減のためのプロセス管理を導入するものである。

プロセス改善では、パフォーマンスの向上として QCD の改善を目指すものではあるが、それは直接的に QCD が改善するものではなく、プロジェクト全体の 30-40% を占めると言われる手戻り(Rework)工数を削減することによって、結果として QCD の向上につながるという考えに立つ。これまで個々の活動やプロセスを改善してパフォーマンスが向上したという事例は報告されているが、手戻りを生み出した上流工程のプロセスを特定して改善する方法は著者の知る限りでは提案されていない。

本研究では、テスト工程で集計されたデータを基にして、最も多くの手戻りを埋め込んだ上流の工程を特定して、その工程で実施されたプロセスを追究することで改善するものである。さらに改善したプロセスを開発標準に反映し発行することで、組織的なナレッジマネジメントにつながることを示すものであり、個々のプロジェクトの改善と共に、組織的な再発防止が期待できる。

### 3.5.3 定量的リスク管理

本研究の位置づけは、これまで行われてきたプロジェクトによるリスク管理を発展させて、組織で蓄積されてきたデータを用いて定量的なリスク管理を実現するものである。

プロジェクトリスク管理の基本的な方法は、リスクマトリクスの作成、定性的リスク管理、定量的リスク管理と発展してきている。しかし、それはプロジェクトにおける個々のリスクに対応するものであり、プロジェクト全体として最適案を目指したリスク管理ではない。個々のリスクの管理は重要ではあるが、プロジェクト全体として納期遅延などの大きな問題を発生させないためプロジェクトリスク管理技術が必要となっている。

本研究では、組織的に蓄積されたデータを基にして、それぞれの組織がプロジェクト工期に対してどれだけの遅延なら挽回可能なのかを定量的に把握した。プロジェクト進捗管理の場を活用してリスク把握を行い、リスクの影響を定量的に把握することで、プロジェクトとして納期遅延を回避するリスク管理の方法を提案したものであり、プロジェクトで最も重要な納期遅延を回避するなど効果が期待できる。

## 4 効果的プロセス改善のフレームワーク

### 4.1 3つのイネーブラー

本研究では、開発組織全体としての実効のあるプロセス改善方法確立のために、①プロセス改善活動の定着化、②手戻り低減のためのプロセス管理、③定量的リスク管理方法、により構成される3つのイネーブラーを提案する。これまでのプロセス改善と本提案との関係を図4-1に示す。

目的	コンFORMANCE		パフォーマンス	
	アプライザル対象	アプライザル対象外	各プロジェクト	プロジェクトと組織
個別プロセスの改善				③定量的リスク管理方法
QCD向上			②手戻り低減のためのプロセス管理	↑
プロセス管理の土台作り		①プロセス改善活動の定着化	↑	
レベル3合格	上澄みプロジェクトによるアプライザル合格	↑		

図 4-1 実効のあるプロセス改善を実現するためのイネーブラー

#### 4.1.1 プロセス改善活動の定着化

本研究で提案するイネーブラーは、CMMI レベル3の合格を前提とする(図4-1の左下)。本研究では、CMMI レベル3の合格状態を組織全体に水平展開することを提案する。アプライザルの対象として指定されなかったプロジェクト、あるいは当面公式アプライザルの予定のないプロジェクトにはベストプラクティスは実装されていないであろうから、このようなプロジェクトにもプロセス改善活動を拡大することで、組織全体としてCMMI へのコンFORMANCE向上を目指すものである。

#### 4.1.2 手戻り低減のためのプロセス管理

プロセス改善の基本的な考え方は、プロジェクトコストの中の「手戻り」を低減することにより、プロジェクト全体で不必要な工数を削減することで、生産性の向上などを実現するものである。ここで特筆すべき点は、プロジェクトコストの30-40%を占めるとされる手戻りを低減すれば、その結果としてムダな作業工数が低減され、生産性が向上するという考え方である。生産性自体の向上を目指しているわけではない。

生産性とは、一般的には単位時間あたりの生産量を指す。ドキュメントレビューを例にとれば、それまで10ページのドキュメントのレビューに60分要していたものを30分で完了すれば、レビューの生産性が向上したことになる。しかし、レビューは60分の時間をかけて慎重に議論することに価値があるのであり、その活動を30分で完了すれば、然るべき欠陥の検出や改善提案ができなくなる。本質的なプロセス改善にはならない。

本研究では、プロセス改善活動が組織全体で定着化し、統一されたプロセス改善活動を開始する基礎ができた状態を起点として、より積極的に手戻りを低減させるイネーブラーを提案する。CMMIを実施すれば自ずと手戻りが減少して生産性が向上するというのではなく、能動的に最も多くの手戻りを埋め込んだ上流工程のプロセスを特定してプラクティスを追加することで、実効性の高いプロセス改善の実施を目的とする。

### 4.1.3 定量的リスク管理方法

CMMI がベストプラクティスと呼ばれている以上、レベル 2-3 に含まれるプロセスはどれも必要なものと考えられる。しかし、レベル 3 を達成しても具体的な実効を確認できないのであれば、それはあくまでも CMMI が提示する達成基準を満たしているだけであり、ただ要求された雛形に嵌めただけの状態であると言って良い。

CMMI にはもともと必要最低限のプラクティスしか記載されていない。人間の身体でいけばスケルトン(骨組み)に相当するものである。人間はスケルトンだけでは活動できない。スケルトンの上に肉付けし、服を着せた上で、多少は化粧も必要だろう。必要最低限のプラクティスとして提示された CMMI に如何に肉付けして実効のあるものにするのが、効果的なプロセス改善には求められる。

本研究では、レベル 3 に含まれるプロセス領域の中からリスク管理プロセスに着目し、定量的リスク管理方法を提案する。それぞれのプロジェクトや組織に対して最適化された定量的なメトリクスを用いたリスク管理プロセスの改善を目指すものである。

## 4.2 本研究と CMMI 高成熟度レベルとの差別化

本研究で提案したイネーブラーは、CMMI のレベル 3 まで合格している状態を前提としている。CMMI を用いてレベル 3 までプロセスを改善した後は、そのまま CMMI のレベル 4-5 の高成熟度レベル(High Maturity Level, HML)に取り組むのが本来の方向であろう。しかしながら、CMMI Institute が発行している CMMI Maturity Profile[8]によれば、国内でレベル 3 まで改善している企業がこれだけ多いにもかかわらず、レベル 5 を達成している企業は 10 社程度でしかない。HML にはほとんど取組んでいないことを示唆している。

そこで、本節では、まず CMMI の成熟度レベルの構成を説明して、次に HML の考え方と成立要件について述べる。最後に、本研究で提案するフレームワークと HML との差別化について説明する。

### 4.2.1 CMMI の成熟度レベルの構成

CMMI は成熟度レベル 1-5 で構成されている。一番下のレベル 1 には達成要件はない。まずは全ての組織をレベル 1 とおいて、その後レベル 2 の達成要件を満足した組織をレベル 2、レベル 3 の達成要件を満足すればレベル 3 というように下位レベルから順番にレベル 5 まで改善する構造になっている。

CMMI を用いたプロセス改善は下位から上位に向かって行われるが、ここで留意すべきことは、CMMI の成熟度レベルは、あくまでもレベル 5 の「改善による最適化」を求めている点である。そしてレベル 5 を実現するための必要条件がレベル 4 以下に順番に提示されているものである。この構成を図 4-2 に示す。

CMMI によるプロセス改善の完成形は、レベル 5 の「改善による最適化」である。その「改善による最適化」を実現するためには、それぞれの組織のどこに手を入れればよいかをメトリクスを用いて把握するために、レベル 4 の「測定・定量管理」が必要となる。次にメトリクスを用いて「測定・定量管理」を実現するためには、組織全体として統一されたプロセスが実施されていなければ意味をなさないで、レベル 3 の「明確なプロセス(組織)」が必要となる。次に「明確なプロセス(組織)」を実現するためには、その構成要素である開発プロジェクトが正しいプラクティスを実施していなければならないので、レベル 2 の「明確なプロセス(プロジェクト)」が必要となる。最後に、レベル 2 の「明確なプロセス(プロジェクト)」を実現するためには、個々のプロジェクト管理者や開発メンバがレベル 1 の「やるべきことはやっている」必要があるという構成になっている。



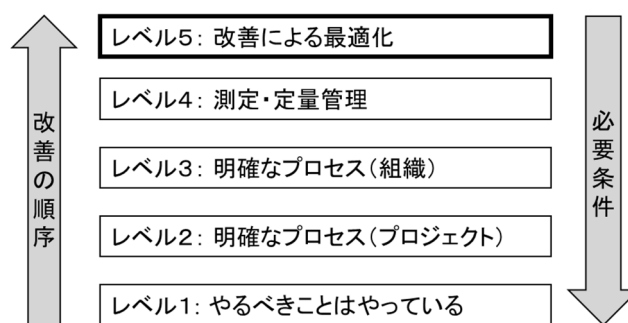


図 4-2 成熟度レベルの構造

したがって、CMMI を用いたプロセス改善では、レベル 5 まで改善することでその改善成果が期待できる構成となっている。パフォーマンスの向上を目的として CMMI を導入している場合であれば、調達基準がレベル 3 であるかどうかにかかわらず、レベル 5 までの改善を目指すべきであろう。

しかしながら、元々 CMMI は米国国防総省での使用を想定して作成されたこともあり、要求しているプラクティスの節々に大規模プロジェクトを前提としていると想定される箇所がある。特に HML で求められている内容は、一般的な規模の組織では取組みにくい点が多々あり、これが国内の企業が HML にほとんど取組んでいない理由となっている。そこでまずは HML の考え方と成立要件を説明する。

#### 4.2.2 HML の考え方と成立要件

HML には表 4-1 に示す通りそれぞれ 2 つのプロセス領域がある。ここでは CMMI レベル 4 を用いて、HML の考え方と成立要件を説明する。

レベル 4 には、「定量的プロジェクト管理」「組織プロセス実績」のプロセス領域がある。これらのプロセス領域は、それまでの活動で蓄積されたプロジェクト管理に関わるメトリクスを活用することで、プロセス実績のデータ、ベースライン、およびモデルを提供し、統計的技法を用いた定量的なプロジェクト管理を目指すものである。

表 4-1 CMMI の高成熟度レベルとプロセス領域[10]

	定義	プロセス領域
レベル 5	最適化している	原因分析と解決 (Causal Analysis and Resolution: CAR), 組織実績管理 (Organizational Performance Management: OPM)
レベル 4	定量的に管理された	定量的プロジェクト管理 (Quantitative Project Management: QPM) 組織プロセス実績 (Organizational Process Performance: OPP)
レベル 3	定義された	(省略)
レベル 2	管理された	(省略)
レベル 1	初期	(省略)

一例を挙げると、あるプロジェクトの生産性や品質が悪い場合に、「テスト欠陥比率の低減」という品質目標 (Quality and process performance objective, QPPO) がしばしば設定される。「テスト欠陥比率」とは、システム開発の V 字サイクルを念頭においた場合に、上流工程での検出欠陥数を増加させ、下流のテスト工程での欠陥発生を抑制するものである。組織の蓄積データから当初の品質目標としてテスト欠陥比率 35% などと設定し、それより多くの欠陥がテスト工程で検出される場合は、上流工程でのプロセスを改善することで、より多くの欠陥を上流工程で検出してフロントローディングを目指すものである。

このような定量的なプロジェクト管理を実装するためには、プロセス実績のデータを収集し、ベースライン

を確立して、重回帰分析などのモデルを提供しなければならない。例えば「要件定義書のピアレビュー」プロセスを改善することで上流工程での検出欠陥数が増加できると分かれば、要件定義書のピアレビューに関わるレビューのスキル、レビュー速度、レビュー人数、レビュー方法、レビューチェックリストなどを操作することで、テスト工程で検出される欠陥数を制御するものである。

ところが、重回帰分析モデルを提供するためには、上流工程のプロセスと検出欠陥のメトリクスを突き合わせ、散布図を作成するなどして、相関関係の有無を調べる必要がある。しかし、どこに相関関係が隠れているかはわからないので、関係しそうなデータを集めて総当たりで相関関係の有無を探る方法が取られることが多い。さらに、弱い相関関係では下流工程での改善効果を期待できないため、強い相関関係( $R > 0.8$  など)が存在することが前提となる。強い相関関係が見つければ、上流工程のパラメータを操作することで、下流工程での欠陥を制御するようなモデルを作り、それに合わせたプラクティスを実施するものである。

あるいは、「統計的品質管理は管理図に始まり管理図に終わる」といわれるように、統計的品質管理では管理図がよく用いられる。管理図とは、中心線と上下一対の管理限界線を用いて、時系列にしたがって品質状況をプロットして可視化するグラフである。管理図では、偶然のばらつきは管理限界線の中に入り、異常原因によるばらつきは管理限界線の外に出る。また管理限界線の中に入った場合でも、そのプロットが7つ連続で増加する場合など、工程に何らかの異常があったとみなされる(Rule of Seven という)。管理図を用いて、管理限界線の外にプロットされた場合や7つ連続で増加するなどの異常傾向が検出された場合に、その原因を追究することで品質向上につなげるものである。

プロセス改善では、いくつかある管理図の中でも XM-R 管理図や X-R 管理図が用いられることが多い[34][35]。XM-R 管理図や X-R 管理図は、工程が管理された状態になっているかを調べるために用いられるものである。上下の管理限界線を設定するには、標準偏差が必要となる。標準偏差を得るためには、およそ 50 個以上の標本が存在し、その標本が正規分布していなければならない。ここで標本とは、例えば「要件定義書のピアレビュー」の実施回数などである。

一般的な規模の組織において、ここまで挙げたような上流工程のプロセスと検出欠陥数の間の強い相関関係の存在、上流プロセスによって制御する重回帰分析モデルの構築、50 個以上ものレビュー実施記録が存在して、かつ、その標本が正規分布している、というような条件が揃う組織は多くないであろう。また、このような条件が満たされた場合でも、対象組織に対してそのような統計処理を適用するだけの高度なスキルとノウハウが必要となる。それではじめてプロセス実績のデータやベースラインを用いたモデルを提供できることになる。

#### 4.2.3 HML と 3 つの本提案のフレームワークとの差別化

多くの組織が成熟度レベル 3 の達成まででプロセス改善活動を終えて HML に取組んでいない一つの理由は、調達基準がレベル 3 となっているためであろう。しかし、もう一つの理由は、ここで説明したように導入する組織で HML の成立要件を満足せず、やや無理をして HML を導入したとしても、それで期待した改善効果が現れるか否かは未知数である点が考えられる。

一般に CMMI などプロセス改善活動を導入するとオーバーヘッドの稼働が 10% は上昇すると言われている。これはプロジェクト管理者のマネジメント稼働以外にも、活動の証跡を残すために書類を作成するなどの追加作業が増加するためである。さらに HML を導入するとなると、重回帰分析などを作るための分析を一からはじめなければならない。外部から専門家を雇う必要があるかもしれない。それでも期待した効果が確実に得られればよいが、改善効果が未知数であり懐疑的なところもある。レベル 3 達成のように調達基準を満たすという大義もないため、HML への取組みを躊躇することになる。

一方、本研究で提案する効果的プロセス改善のフレームワークは、一般的の規模のシステム開発プロジェクトでも十分に活用できるものである。標準偏差を用いるわけでもないため、多くのプロジェクトデータのサンプル数を必要としない。適用したイネーブラーが効果的なあったか否かは、比較的早く検証することができる。次章以降で説明する通り、特に高度な統計解析のスキルを必要としない平易な方法であるため外部の専門家を雇う必要もない。オーバーヘッドの稼働を含めて特別に大きなコストも発生しない。それまで通り社内の人的リソースでの実施により、効果的なプロセス改善が期待されるフレームワークである。

## 5 プロセス改善活動の定着化

本章では、パフォーマンス向上のイネーブラーの一つであるプロセス改善活動の定着化について議論する。先述の通り、CMMIのアプレイザルではSCAMPIのサンプリングルールに従って組織傘下のプロジェクトを選定し、CMMIのプラクティスの実装状況を評定する。アプレイザル対象に選定されたプロジェクトではCMMIの成熟度レベルに合格するためにプロセスが実装されるが、そのプロジェクト数は組織全体からみれば一部でしかない。アプレイザル対象にならなかったプロジェクトや公式アプレイザルの実施後に活動を開始するプロジェクトなど、当面は公式アプレイザルの実施予定のないところでは、プロセス改善活動が普及せずCMMIの理解も不十分ということも少なくない。すなわち、CMMI活動は組織として定着化しているとはいえない状況にある。

本研究では、図5-1に示す通り、CMMIのレベル3を達成の次のステップとして、アプレイザル対象とならなかったプロジェクトを含めた組織全体に対して、CMMIへのコンフォーマンスを高めることでパフォーマンス向上の土台作りを目指す。




目的	コンフォーマンス		パフォーマンス	
	アプレイザル対象	アプレイザル対象外	各プロジェクト	プロジェクトと組織
個別プロセスの改善				③定量的リスク管理方法
QCD向上			②手戻り低減のためのプロセス管理	
プロセス管理の土台作り		①プロセス改善活動の定着化		
レベル3合格	上澄みプロジェクトによるアプレイザル合格			

図 5-1 実効のあるプロセス改善を実現するためのイネーブラー

### 5.1 プロセス改善活動が定着化しない要因分析

#### 5.1.1 プロセス改善の要因分析の対象事例

本研究では、プロセス改善活動が定着化しない要因を特定するために、過去にプロセス改善活動を導入した組織を対象にして事例分析を行った。事例分析として取り上げた各組織の取組み概要を以下に示す。

- (1)事例1：自動車制御の組込みソフトウェア開発。運転手が自動車内で指示した通りに自動車を制御するための組込みソフトウェアの開発。
- (2)事例2：家電製品の製造工場におけるライン制御ソフトウェアの開発。新規工場立ち上げに伴い工場の組み立て工程ラインを制御するソフトウェア開発。
- (3)事例3：電子辞書の組込みソフトウェア開発。大量生産される電子辞書の制御ソフトウェアの開発。
- (4)事例4：情報通信キャリアにおける試作品開発。情報通信のデジタル通話で利用されるソフトウェアの研究開発。

### 5.1.2 プロセス改善の要因分析の結果

4つの組織での CMMI コンサルテーションの議事録やプロセス改善活動定着化の提案書などのドキュメントからプロセス改善活動が定着化しない要因について図 5-2 に示すような特性要因図を作成した。プロセス改善活動は PM 主導で進められ、その果たす役割が大きいことが経験的にわかっているため、PM に関連する要因を拾い出した特性要因図としたところ、プロセス改善活動が定着しない要因は3つあることがわかった。

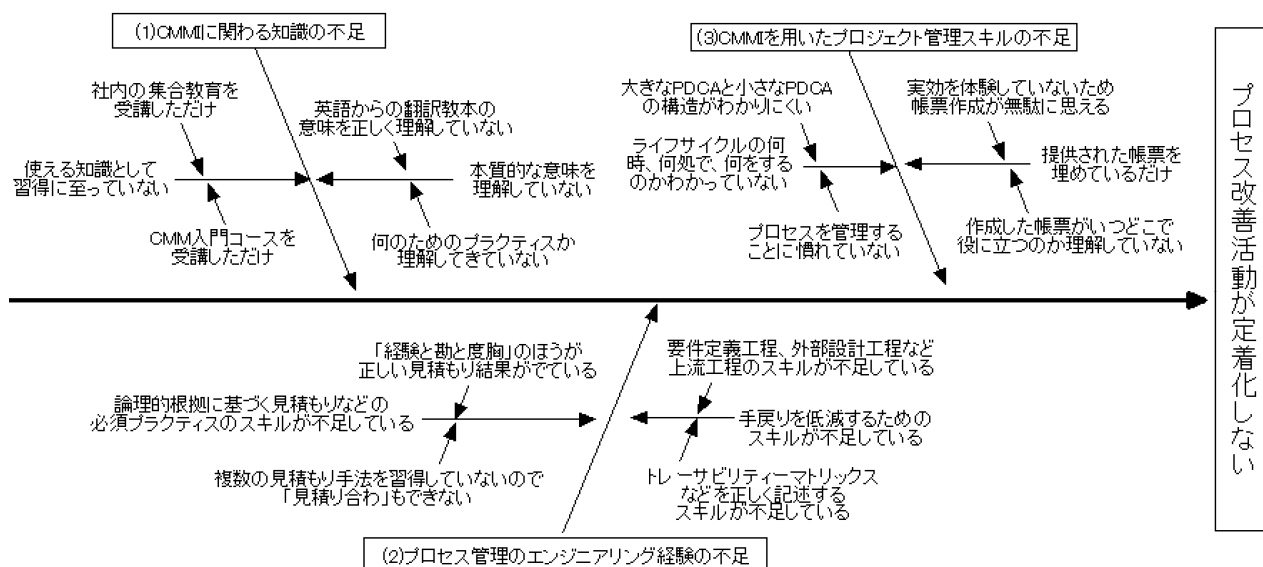


図 5-2 プロセス改善活動が定着化しない特性要因図

#### (1) CMMI に関わる知識の不足(要因 1)

多くの組織では成熟度レベルを達成するまではアプレイザル対象の PM やメンバを対象に教育訓練を実施している。アプレイザル対象にならなかつた PM は CMMI に関する知識が不足している。CMMI 入門コースの集合教育を受講していても、概要程度の知識であり実際に活用できる知識としては習得していない。

#### (2) プロセス管理のエンジニアリング経験の不足(要因 2)

CMMI のエンジニアリングプロセスでは、要求定義、設計、見積りなどの経験に裏打ちされたエンジニアリングスキルが要求される。しかしながら、それまで自己流でやってきた PM は、CMMI のプラクティスを満足するために必要となるエンジニアリング経験が不足している。

#### (3) CMMI を用いたプロジェクト管理スキルの不足(要因 3)

開発管理を主として経験してきた PM は、ライフサイクルの何時、何処で、何をすればよいのか知識や経験を持ち合わせていないことが多い。また、CMMI ではプロセスを管理した証拠を残すことに重きが置かれる。プロジェクトで用いる帳票を埋める知識のある PM も、作成した帳票が後に何の役に立つのか理解していないことが多い。CMMI の知識を前提とした包括的なプロジェクト管理のスキルが不足している。

## 5.2 プロセス改善活動の定着化方法

本研究では、5.1 で提示した要因を解消するため、CMMI コンピテンシーの向上とプロセス改善活動の定着化から構成される方法を提案する。プロセスを導入する組織ではプロセス管理の役割と責任を EPG (Engineering Process Group)、進捗管理のそれを PMO (Project Management Office) が担うことが多い。本稿でもこのような役割分担でプロジェクト支援することを前提として議論する。

### 5.2.1 CMMI コンピテンシーの向上

本研究では、プロセス改善活動を定着化させるための PM の総合的な能力を CMMI コンピテンシー(以下、コンピテンシーと略す)と名付ける。コンピテンシーとは、CMMI の知識とスキルによってプロジェクト管理の行動特性に示される能力を指す。コンピテンシーは、PM のプロジェクト管理者としてのパフォーマンス、及びプロジェクト管理活動の作業成果物によって評価される。これらの評価はプロジェクト完了段階で設定されるので、当初は不十分と設定する。

組織的に CMMI を導入する際に作成される「組織の標準プロセス群」(Organization's Set of Standard Processes : 以下、OSSP と略す)の章立ては、CMMI の PA 毎にその名前順に作成されることが多い。一方、開発工程は上流工程から順に実施されるので OSSP の章立ては一般的な工程の流れとは乖離している。例えばプロジェクト計画書を作成する場合には、PM はプロジェクト計画ばかりではなく、構成管理計画、トレーニング計画、リスク管理計画、供給者管理計画などを作成するために各種の開発標準を参照しなければならない。特定の工程で何をすべきか、OSSP のどこを参照すればよいのか、どのような意図で作業成果物を作成するのか、などは OSSP と開発工程の両方を熟知している EPG や特定の分野で専門知識を有する SME (Subject Matter Expert) でなければ分からないことが多い。

そこで本研究では、CMMI を用いたプロジェクト管理におけるコンピテンシー向上に資するために EPG 進捗会議と SME レビューを導入する。

#### 5.2.1.1 EPG 進捗会議

EPG 進捗会議とは、各プロジェクトに割り当てられたチュータ(Tutor : EPG 所属の個人指導者)がライフサイクルにおけるプロジェクト管理の方法を PM に指導することで、CMMI に関する知識やスキルを習得させる場である。

チュータは個人指導によるフルサポートの役割を担う。単に CMMI の考え方を PM に説明するばかりではなく、各プロジェクトの仕様を理解し、発生したリスクと課題状況を把握した上で、状況に応じた CMMI プラクティスの適用を指導するものである。少人数のチュータが複数のプロジェクトでこのようなフルサポートが可能になるように、EPG 進捗会議は毎週 2 時間以下としチュータと PM が参加する。

EPG 進捗会議を導入することにより、PM に正しく CMMI を理解させてコンピテンシーの要素の一つであるプロジェクト管理者としてのパフォーマンスの向上を目指す。

#### 5.2.1.2 SME レビュー

SME レビューとは、プロジェクトの作業成果物の正確さを確保し、エンジニアリングやプロジェクト管理に関わる経験を伝承するために SME よって実施されるレビューである。

SME は、CMMI の PA である組織プロセス定義(Organization Process Definition) GP3.2 の活動を通じて集められたプロセス関連の情報、および自らが経験から学んできた教訓を活用して PM に助言する。例えば、プロジェクトのライフサイクルでは、プロジェクトの見積り、要求定義書の妥当性確認、外部委託先の選定、詳細設計書の作成などにおいて、教科書的な知識ばかりではなく、失敗経験から学んだ教訓を活用するべき場面もある。そのような場合に SME がプロセスや作業成果物のレビューを行い、特定の顧客、特定の技術分野についての暗黙知を伝承することで、PM の経験不足を補う。

SME レビューを導入することで作業成果物の品質を向上させ、コンピテンシーの要素の一つであるプロジェクト管理活動の作業成果物の質の向上を目指す。

## 5.2.2 プロセス改善活動の定着化の手順

次にプロセス改善活動の定着化の手順を説明する。その手順は、プロジェクトランクの設定、PM サポートの実施、CMMI コンピテンシーの評定から構成される。この方法は、5.2.1 で説明したコンピテンシー向上の施策の上に、プロセス改善分野で既に実効が確認されている施策を積み上げるものである(図 5-3)

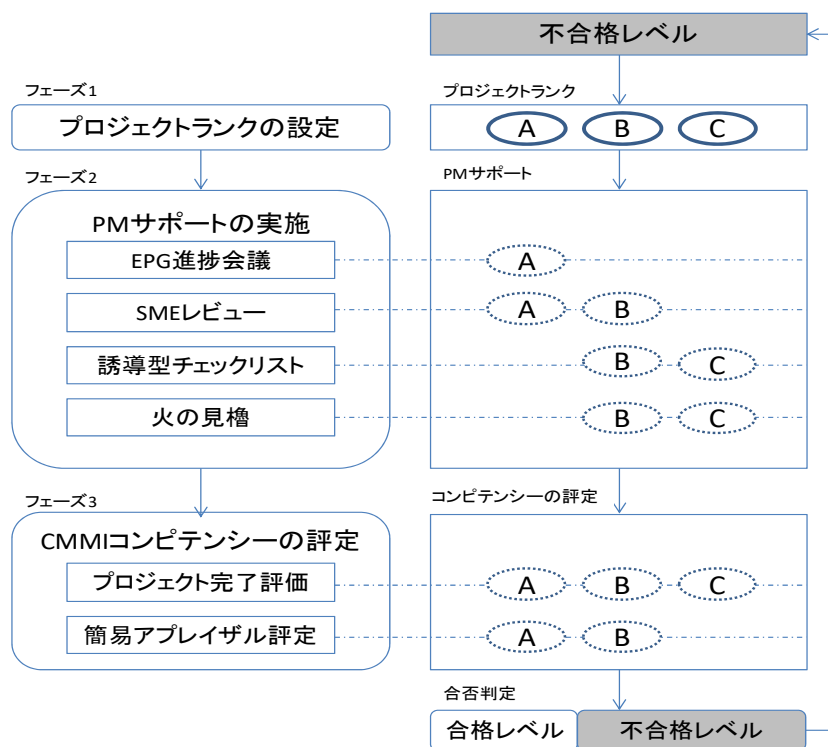


図 5-3 プロセス改善活動定着化の手順

### 5.2.2.1 フェーズ1 プロジェクトランクの設定

プロジェクトランク(以下、ランクと略す)の設定とは、プロジェクトの重要度に応じて PM サポートのレベルを設定するものである。プロジェクトの重要度は、プロジェクトの開発規模、コスト、ボトルネック技術の難易度などを総合して HML(High, Middle, Low)に分類している。重要度の高いプロジェクトは、より高度なコンピテンシーを要求されると前提を置き、プロジェクトの難易度 HML に応じてランク A, B, C と設定する。

#### (1) ランク A

ランク A は、重要度 H のプロジェクトを対象とし、原則 OSSP の全プラクティスを実施する。ランク A への PM サポートとしては、担当 PM のプロジェクト管理や個別案件の経験不足を補い、厳格なプロジェクト管理を実施できるフルサポートが求められる。

#### (2) ランク B

ランク B は、重要度 M のプロジェクトを対象とし、OSSP の正常系の大部分のプラクティスを実施する。通常、重要度 M のプロジェクトが最も多いと思われるので、ランク B への PM サポートとしては限定的な人的資源のもとでのサポートが求められる。

#### (3) ランク C

ランク C は、重要度 L のプロジェクトを対象とし、それぞれのプロジェクトで必要最低限のプラクティスを

実施する。ランク C への PM サポートとしては、担当 PM の自主管理により PM 体験させながら必要なコンピテンシーを獲得できるサポートが求められる。

### 5.2.2.2 フェーズ 2 PM サポートの実施

PM サポートの実施では、EPG 進捗会議、SME レビュー、誘導型チェックリスト、火の見櫓からなる施策を導入する。これらの施策は、5.2.2.1 で説明したランク A-C の性格とサポート側が投入できる人的資源のバランスにより適用する。PM サポートの適用は PM がコンピテンシーを獲得するまでとし、すでに同ランクで PM サポートに合格している PM には、PM サポートは実施しない。この関係を表 5-1 に示す。

表 5-1 PM サポートの実施と修了するランク

PM サポートを実施したランク	PM サポートを合格した場合に卒業するランク
A	A, B, C
B	B, C
C	C

#### (1) EPG 進捗会議

ランク A に対して 5.2.1.1 で提案した EPG 進捗会議を導入する。チュータがプロジェクトの視点に立ってプロセス改善活動を指導し CMMI やプロジェクト管理に関する知識を伝授する。EPG 進捗会議はチュータが直接指導するためコンピテンシーの獲得には有効ではあるが、人的資源を多く要するためランク A へのみ適用する。

#### (2) SME レビュー

ランク A, B に対して 5.2.1.2 で提案した SME レビューを導入する。SME レビューは作業成果物の正確性を担保し、品質向上ばかりではなくエンジニアリングや CMMI を用いたプロジェクト管理の経験不足を補う技術伝承の効果も期待できる。一方で、参加するのは工程完了時など特定のタイミングに限定されるので、ランク A, B に適用する。

#### (3) 誘導型チェックリスト

ランク B, C に対して、すでにプロセス改善分野で改善効果が確認されている誘導型チェックリスト[16]を導入する。誘導型チェックリストとは、CMMI などのベストプラクティス、現場で発生した諸課題、過去の失敗経験から学んだ教訓などを入力として、組織で必要と考えられる必須プラクティスを工程の流れに沿って整理したものである。ランクに応じて必要となる基本動作をインデックスで検索できる。重要度 L/M のプロジェクトも相応のプラクティスを的確に識別できる。

誘導型チェックリストは、はじめて利用する PM には使用方法を説明し、プロジェクト開始以降は PM が日々の座右の書として用いて、プロジェクト管理上必要なタスクを参照するものである。誘導型チェックリストは自主的な活動であり、EPG 進捗会議と補完的な関係にあるため、EPG 進捗会議を適用するランク A では不要とし、適用しないランク B, C への適用とする。

#### (4) 火の見櫓

ランク B, C のプロジェクトに対して、すでにプロセス改善分野で改善効果が確認されている火の見櫓[32]を導入する。火の見櫓とは、プロジェクト計画書にしたがって計画されたプロセスや作業成果物が実施されていることを PMO が遠隔監視するものである。例えば WBS(Work Breakdown Structure：作業分解図)でピアレビューの日付になってもピアレビュー実施記録が作成されていない場合、トリガーのイベント発生後でもリスク軽減策が発動されていない場合、などを PMO が監視し「煙が出た」、「火がついた」と警鐘し「火消し隊」

を投入する。

遠隔監視である火の見櫓は、EPG 進捗会議で直接サポートするランク A には不要とし、EPG 進捗会議を適用しないランク B,C へ適用する。

### 5.2.2.3 フェーズ 3 コンピテンシーの評価

プロジェクトの完了後に担当 PM のコンピテンシーの程度を評定する

#### (1) プロジェクトの完了評価

全てのランクのプロジェクトに対してプロジェクト完了評価を行う。プロセス改善活動は PM 主導で進められるため、本方法による PM サポートを終えた後は、独立して自律的なプロジェクト管理を担うことが期待される。そのために PM 本人のプロジェクト管理のパフォーマンスを評価する。

プロジェクト管理のパフォーマンスの評価基準は、必要な知識を獲得した状態、知識に経験が加わってスキルを獲得した状態、スキルが必要な行動特性として発揮されている状態に分類する。プロジェクトの完了評価に参加した PMO と EPG の合議により、この判定基準を用いて当該ランクで求められるパフォーマンスを評価して可否を判定する。

#### (2) 簡易アプレイザルによる評定

ランク A,B のプロジェクトに対して、プロジェクト完了後に簡易アプレイザルを開催する。プロジェクトの完了評価では PM 本人のパフォーマンスを評価するのに対し、簡易アプレイザルではプロジェクトの作業成果物を評価する。CMMI では PM がスーパーヒーロー的に活躍している状態はレベル 1 に分類される。PM に期待されているのはプロジェクトメンバの役割と責任を明確にして、プロジェクト管理活動を指導する役割である。簡易アプレイザルによる客観的な評価を行うことで、プロジェクト管理者として CMMI プラクティスに沿った適切な作業成果物の出力を指導したか否かを判定する。

ランク A,B については、(1)(2)の両方とも合格レベルであると判定された場合には、PM は当該重要度でのコンピテンシーを獲得したと判定して PM サポートを卒業する。簡易アプレイザルを行わないランク C の PM は、プロジェクトの完了評価の結果のみに従って PM サポートを継続するか否かを判定する。

表 5-1 で説明した通り、PM コンピテンシーの評価の結果、当該ランクを卒業すれば同ランクと下位ランクの PM サポートは終了する。上位ランクの PM を担当する際は同様の PM サポートを実施する。

## 5.3 提案方法の適用

本章では、本提案方法を A 社のプロセス改善活動に対して適用した事例を通して、その有効性を評価する。

### 5.3.1 事例

A 社は国内をはじめアジアや欧州の企業などとも取引のあるメーカーで主に組込み機器システムを開発している。数年前から CMMI 活動に取組み、約 3 年前に CMMI 成熟度レベル 3 を達成した。しかし、達成アプレイザルの計画が立ち上がってからは予めアプレイザル対象のプロジェクトを特定し、「良いプロジェクトを育てて」アプレイザル準備を行ってきた。このため達成アプレイザル後は、アプレイザル対象にならなかったプロジェクトへのプロセス改善活動の定着化が課題となっている。

A 社は社員数 400 名程度の中小企業で、社員の約 40%が開発業務を担当し、常時 10 個程度のプロジェクトが並走している。開発期間は約 6 ヶ月程度の比較的短期開発が多い。外部委託による製造は行わず内製である。開発ライフサイクルとしてウォーターフォールを用いている。経営者が CMMI に注力してきたおかげで、この会社規模において専任 EPG および PMO の人的資源が潤沢なのが強みとなっている。

### 5.3.2 事例への提案方法の適用

A 社において CMMI レベル 3 達成後に新たに発足するプロジェクトに対して本提案方法の適用を開始した。3 年間経過した時点でその有効性を評価した。



### 5.3.2.1 ランクの設定

A 社では手順に従い、プロジェクト発足時にプロジェクト重要度によりランクを設定した。A 社のプロジェクト重要度の判定基準には、工数、コスト、ボトルネック技術の難易度がある。これらの難易度を HML で評価した。工数が H の場合は無条件にランク A とし、それ以外の場合は工数以外の基準で難易度 H が一つであればランク B、一つも難易度 H がない場合はランク C とした。これは A 社では品質要求、受注金額、開発工期など QCD に関わる要求は工数に反映されると考えているからである。

### 5.3.2.2 PM サポートの実施

分類したランクに応じて、次のような PM サポートを割り当てた。

#### (1) ランク A

ランク A には、手順に従い「EPG 進捗会議」「SME レビュー」を適用した。EPG 進捗会議は、EPG が前の週の作業成果物を予め事前レビューした上で毎週特定の曜日の定例会に臨み、その週にやるべきことを確認した。前週の作業成果物のレビューでは、必要な作業成果物が目的に照らして正しく作成されていることを確認し、見つかった不備は宿題事項にはせずにその場で PM に修正させた。その週にやるべきことの確認では、マスタースケジュールと WBS を開いてその時点の位置づけと作業タスクを確認し、必要となる基本動作を説明した。

SME レビューは、見積り、および工程完了要件となっている要求定義書、外部設計書、内部設計書、統合テスト仕様書、システムテスト仕様書の妥当性確認を実施した。A 社ではスタッフエンジニアと呼ばれる管理業務をする必要のない専門職の職位者がいるので、SME には専門分野に応じてスタッフエンジニアを割り当てた。ただし、SME はその分野のエキスパートであり、本業が忙しくて十分なレビュー時間がとれない場合もある。その際は 60 歳定年後も嘱託社員として在籍しているシニア社員からも SME を選定し、豊富な経験と知見を活かしてプロジェクトに影響を及ぼしそうなリスクなどを助言するように委嘱した。

ランク A では、OSSP の全てのプラクティスを実施するため、「EPG 進捗会議」「SME レビュー」によるフルサポートの適用が必要十分であると判断した。

#### (2) ランク B

ランク B には手順に従い、「SME レビュー」「誘導型チェックリスト」「火の見櫓」を適用した。誘導型チェックリストは、EPG 進捗会議による対面での手厚い指導を補完するものである。誘導型チェックリストを用いて必要な基本動作を識別する。例えば、ライフサイクルの中で実施は下流工程であるが、計画を上流で始めることがある。A 社では、テスト工程で実施するテストを定義する「テスト方針書」は、要求定義工程で作成を開始し、内部設計工程を終えるまでに完了することになっている。PM は誘導型チェックリストからこのようなライフサイクル上の管理ノウハウを習得して、然るべきタイミングでプラクティスを実施する。

また火の見櫓により、プロジェクトのプロセス改善活動を遠隔監視した。プロジェクトが構成管理(Configuration Management)ツールとして当初から利用している Apache™ Subversion® を利用し、PMO が週次で進捗を監視した。Subversion は一般に用いられるクライアント/サーバ型環境で利用できる分散型の構成管理システムである。PMO は自分のローカル PC 環境から Subversion クライアントを用いてプロジェクトを監視し、要求定義書、外部設計書、内部設計書などエンジニアリング上の作業成果物、および WBS、EVM(Earned Value Management)、進捗会議議事録、構成管理記録などのプロジェクト管理上の作業成果物が、計画通りに更新されていることを監視した。

例えば、EVM の SPI(Schedule Performance Index : スケジュール効率指数)がしきい値(例えば、0.9)を下回った場合、WBS のタスクが完了予定日付よりも 3 日以上経過した場合、課題やリスクのトリガーになっても対応策が発動されていない場合に、火の見櫓から「煙が出ている」「火がついた」と警報した。

A 社ではランク B の数が多い。投入するスタッフの人的資源も多くなる。PM には誘導型チェックリストにて自主的に基本動作を学んでもらい、火の見櫓による遠隔監視を行いながら SME レビューによる技術伝承を行うことが、投入する人的資源と効果のバランスが最も適当であると判断した。

### (3) ランク C

ランク C には手順に従い、「誘導型チェックリスト」「火の見櫓」を適用した。ランク C ではチュータや SME も割当てない。PM が誘導型チェックリストを用いて基本動作を自己管理し、その有様を火の見櫓が遠隔監視するものである。

A 社の重要度 L は簡易な派生開発が多い。納期まで大きな問題を起こす恐れが少ない、安心して任せられるプロジェクトである。一般のライフサイクルで必要となる「アーキテクチャ設計」なども類似プロジェクトのものを再利用できる。新規要素やボトルネック技術もほとんどなかったため、ランク C のインデックスに従った誘導型チェックリストの使用と火の見櫓の適用で必要十分と判断した。

#### 5.3.2.3 CMMI コンピテンシーの評定

##### (1) プロジェクトの完了評価

プロジェクトが完了すると、手順に従って全てのランクのプロジェクトに対してプロジェクト完了評価を開催し、担当 PM のプロジェクト管理者としてのパフォーマンスの程度を評価した。

A 社ではその判定基準として、CMMI の知識を獲得した状態、CMMI の知識に経験が加わってスキルを獲得した状態、CMMI の知識とスキルによってプロジェクト管理の行動特性が示される状態、の3段階を設定している。EPG と PMO はプロジェクトの完了評価において、普段 PM から受ける問い合わせ記録や EPG 進捗会議の議事録から PM が表 5-2 のどの基準に分類されるかを合議で判定し、行動特性が示される場合に、プロジェクト管理者のパフォーマンスは合格とした。

表 5-2 プロジェクト管理者パフォーマンス判定基準

達成状態	判定基準
知識を獲得した	問い合わせ内容や指導内容に CMMI 用語、プロジェクト管理用語、基本プラクティスなどについて「～とは？」に類する直接的な内容が含まれない状態
スキルを獲得した	過去に一度経験した分野で自律的に CMMI の知識を用いたプロジェクト管理を実施できる状態
行動特性が示される	PM がチュータなどの助言を必要とせず、経験がない新しい分野でも CMMI の知識を活用した予測管理を実施できる状態

##### (2) 簡易アプレイザルによる評定

手順に従って、ランク A, B のプロジェクトに対して簡易アプレイザルを実施し、プロジェクト管理活動の作業成果物を評価した。簡易アプレイザルでは、先ず対象 PA を特定する。A 社では外部委託開発を採用していないため SAM(供給者合意管理)は対象外とした。また、プロジェクトの主体的な活動との関係が薄いプロセス管理系、PPQA(プロセスとプロダクトの品質保証)を対象外とした。残りの成熟度レベル 2-3 の 14 の PA を簡易アプレイザルの対象とした。

次に、プロジェクト管理活動の作業成果物を定量的に評価するために、SCAMPI-C[9]のアプレイザル方法と評価基準を用いて、対象 PA の固有プラクティスを FLPN(Fully, Largely, Partially, None) Implemented で評定し、FI=1 点、LI=0.5 点、PI=0.25 点、NI=0 点として定量化した。全ての固有プラクティスの評定結果が 80% 以上実装されていれば合格とした。

ランク A, B では、(1)(2)が両方とも合格と判定された場合は、担当 PM が次に同じ重要度のプロジェクト管理を担当する場合には、本手順に従った PM サポートは適用しない。より上位の重要度のプロジェクトを担当する際には、同様の手順で合格になるまで本方法の PM サポートを適用する。簡易アプレイザルを行わないランク C では(1)の結果に従って PM サポートを継続するか否かを判定する。

### 5.3.3 適用結果

本節では、本提案方法を A 社に適用した結果を用いて、本研究の課題が解決されたかどうかを評価する。

#### 5.3.3.1 コンピテンシーは向上したか？

先述の通り A 社ではプロジェクト工期約 6 ヶ月のプロジェクトが 10 個並走しているので一年で約 20 名が何らかの PM を務めている。この中でランク A・B になった場合にプロジェクト完了評価、および簡易アプレイザルの対象になる。評価期間で対象となった PM とプロジェクトの比率は、1 年目 13 人で 65%，2 年目 10 人で 50%，3 年目 8 人で 40%であった。

この中でプロジェクト完了評価でのパフォーマンス評定、および簡易アプレイザルでの作業成果物の評価が共に合格と判定され、PM サポートを卒業した PM 数の比率の推移を図 5-4 に示す。

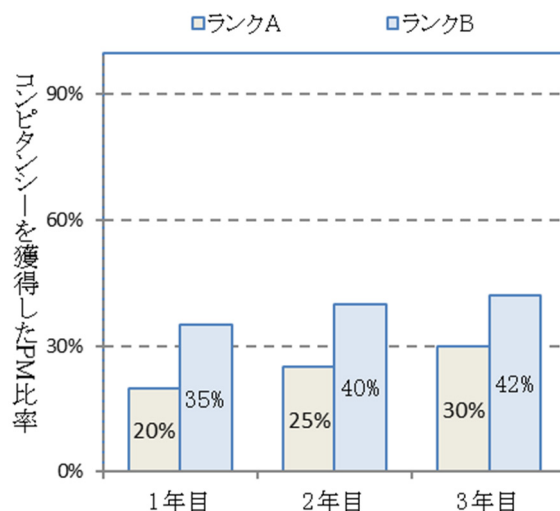


図 5-4 コンピテンシーを獲得した PM の推移

#### 5.3.3.2 プロセス改善活動が定着化したか？

図 5-5 は A 社で本方法を導入してから 3 年間で、簡易アプレイザルで合格と評定されたプロジェクト比率である。

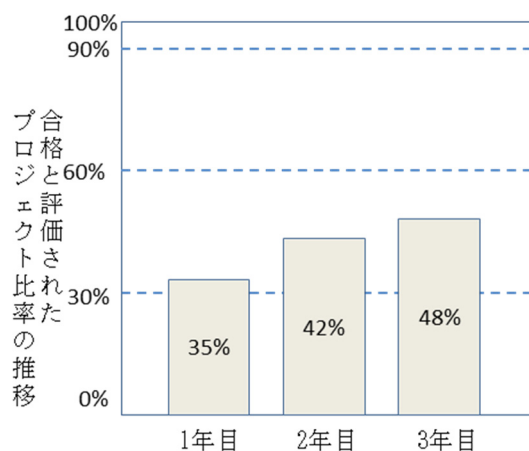


図 5-5 合格と評定されたプロジェクト比率の推移

一年目で合格は 35%だったものが 3 年目では 48%まで増加し 1.4 倍になった。これは公式アブレイザルのときのように予めアブレイザル対象プロジェクトを特定して指導したものではない。本活動を開始してからランク A, B と設定されたプロジェクトを対象にしている。公式アブレイザルの予定がないにも関わらず適切な作業成果物を提示している。プロセス改善活動が定着化してきた成果の一つであると言って良い。

## 5.4 考察

### 5.4.1 提案方法に要する工数

本提案方法は、主に、PM, EPG, PMO, SME によって実施され、その工数はおおよそ表 5-3 の通りである。本提案方法で大きな工数を要するのは②③⑦となる。②はランク A, ③⑦はランク A-B に実施される。

PM 工数から分析すると、②は毎週 2 時間で約 6 ヶ月(25 週とする)のプロジェクト期間で 50 時間、③は上流工程 3 回でやや多めに各 5 時間として計算すると計 15 時間、⑦はインタビューと報告会の開催で約 8 時間となる。その他を加えるとランク A では PM 工数が約 8% 増加、ランク B は③⑦により約 3% 増加した。これは 3 年間で一定していた。

次に EPG 工数を分析すると、②は PM 工数の計算と同じく 50 時間、⑦はインタビューと文書レビュー、ギャップ分析シート作成、報告会の開催に約 4 日間で 32 時間とすると、ランク A で計 82 時間、ランク B で 32 時間の工数を要する。A 社では開発期間は約 6 ヶ月のプロジェクトが 10 個程度並走しているが、PM サポートを卒業する PM が毎年増加しているため、PM サポートの対象プロジェクト数は、1 年目 14.5 個、2 年目 13.5 個、3 年目 12.8 個であった。ランク A, B の比率が半々だとすると、必要な EPG 工数は 1 年目約 826 時間、2 年目約 770 時間、3 年目約 730 時間となる。

SME 工数は、1 人の SME がプロジェクト毎に割り当てられる。EPG は専任であるのに対し SME はそれぞれの本業がある中で SME として PM サポートを実施しているため複数プロジェクトの兼務はしていない。したがって、6 ヶ月毎に約 15 時間の工数を要する。

表 5-3 施策の主体、頻度、工数

施策	主体	頻度	時間
① ランク設定	PM, EPG	1 回	0.1 時間
② EPG 進捗会議	PM, EPG	毎週	2 時間
③ SME レビュー	PM, SME	工程後	数時間
④ 誘導チェックリスト	PM	常時	0.1 時間
⑤ 火の見櫓	PMO	常時	0.1 時間
⑥ 完了評価	PM, PMO, EPG	1 回	2 時間
⑦ 簡易アブレイザル	PM, EPG	1 回	4 日

### 5.4.2 投入した工数の妥当性

一般にプロジェクトの工数は、マネジメント、定例会議、ものづくり、の 3 つに分類される。仮にランク A で、PM を含む 6 人のプロジェクトの場合、PM の工数が 8%増加してもプロジェクト全体に占めるマネジメント工数としては 2% 以下の増加でしかない。A 社で CMMI を導入するまでのマネジメント工数はプロジェクトにかかる作業工数時間全体の約 10% 強であったので 2%増加しても 12% 強である。一般にマネジメント工数は全体の 15% 程度が妥当と説明されることが多いが(例えば、[44][50])、A 社の場合はその値よりも少ないので、これにより他に影響が出て進捗が遅れるとは考えにくい。

一方、投入した EPG 工数は、最大時の 1 年目で 14.5 個のプロジェクトに対するものである。A 社では専任

EPG が 6 名いるため、1 人の EPG が一年で 2-3 プロジェクトを担当すればよい。また、A 社の EPG は QAG (Quality Assurance Group) も兼任し、OSSP 改版に関わる諸活動も担うので、日頃のプロジェクトとのコミュニケーションを重要視している。PM サポートを担当することは EPG の役割の付加価値を高めると考えられる。SME は、複数プロジェクトの兼務はしておらず、6 ヶ月のプロジェクト期間において半日程度のレビューを 3 回実施する。本業に支障を与えるものではない。

以上の検討により、PM 工数、EPG 工数、SME 工数ともに妥当なものであり、本提案方法で必要とされる工数は許容され则认为られる。

### 5.4.3 提案方法の改善

これまでの議論から表 5-3 の施策で最も工数を要するのは EPG 進捗会議であることがわかる。EPG 進捗会議の工数は、開催回数と開催時間によって決まるので、何らかの工夫をすることで EPG 進捗会議の工数を低減できる。

A 社の例では、製造工程や単体テストなど粛々と作業を進める工程では、EPG 進捗会議を毎週開催する必要はなく、議事録を読んでも 1 時間あれば必要な議題を消化しているようであった。また、EPG 進捗会議を過去に経験している PM には、同じ説明を繰り返すことになるので、開催頻度、開催時間ともに適正化する必要があった。

一方、EPG 側の改善として PM に対する助言の知識管理がある。それまで自己流でやってきた PM が CMMI を用いたプロジェクト管理を導入すると、どこで間違えるのか、何を知らないのか、という点は共通している。このようなノウハウをまとめて予めアタリをつけて指導するようにすると EPG 進捗会議を効率化できると考えられる。これは今後の課題である。

## 5.5 まとめ

本章では、CMMI の成熟度レベルを達成したあとのプロセス改善活動の定着化に着目した。成熟度レベル自体の達成を目的として CMMI を導入していることが多いため、成熟度レベルを達成した後に本来の目的である組織全体のプロセス改善活動をどのように実装すればよいかを提案し、実際の組織に適用して効果を検証したものである。「レベル取り」ではない実効のあるプロセス改善活動を導入するためには、プロセス改善活動のように息の長い活動に対して、ここで提示した地道な活動はその参考になると考えられる。

## 6 手戻り低減のためのプロセス管理

本章では、パフォーマンス向上のイネーブラーの一つである手戻り低減のためのプロセス管理について議論する。手戻り低減のためのプロセス管理とは、図 6-1 の色付けした部分である。これまでの活動により組織的に CMMI に対するコンフォーマンスが高まり、プロセス改善の土台作りが整った段階になっている。この状態を起点として、今度は積極的に QCD の向上を高めるためのプロセス改善活動を開始する。その方法は、プロジェクトコストの約 30-40%を占めるとされる手戻りの領域を識別し、その手戻りを発生させた上流工程のプロセスを特定して改善することにより、プロジェクト全体として QCD の向上を目指すものである。

目的	コンフォーマンス		パフォーマンス	
	アプレイザル対象	アプレイザル対象外	各プロジェクト	プロジェクトと組織
個別プロセスの改善				③定量的リスク管理方法
QCD向上			②手戻り低減のためのプロセス管理	
プロセス管理の土台作り		①プロセス改善活動の定着化		
レベル3合格	上澄みプロジェクトによるアプレイザル合格			

図 6-1 実効のあるプロセス改善を実現するためのイネーブラー

### 6.1 プロセス改善と手戻り

本節では、現状行われているプロセス改善活動とシステム開発プロジェクトにおける失敗要因を概観した上で、手戻り発生プロセスの仮説と解決すべき課題を述べる。

#### 6.1.1 プロセス改善のアプローチ

図 6-2 はシステム開発プロジェクトにおける失敗原因とその比率を示している[21]。

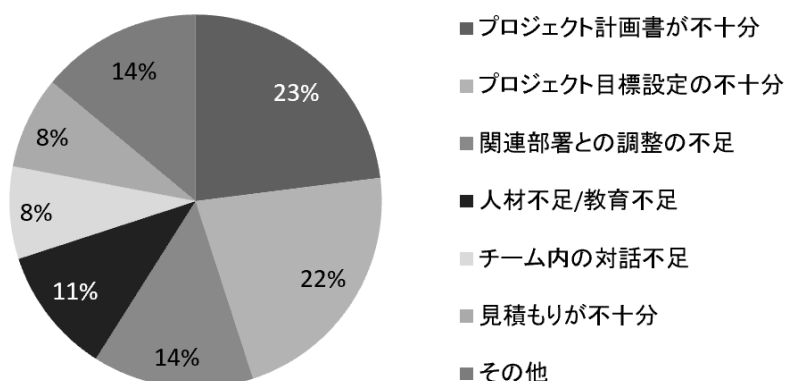


図 6-2 システム開発における失敗原因とその比率[21]

この調査によると、「プロジェクト計画が不十分」と「プロジェクト目標設定の不十分」の2つの原因がシステム開発における失敗原因の45%を占めている。その他の失敗原因を観察してもほとんどはマネジメントに起因するプロセスの問題であることが理解できる。このようなデータが与えられた場合に、プロセス改善の最大の効果を得るために最も多くの問題が集中している「プロジェクト計画」のプロセス領域から改善を進めると考えるべきであろう。

しかし、「プロジェクト計画」のプロセスを理想的な形まで改善されたからといって、それで必ずしもシステム開発プロジェクトのQCDが向上するわけではない。その理由はプロセス改善が直接的にQCDの向上をもたらすわけではなく、プロセスを改善することにより本来不必要だった「手戻り」が低減し、その結果としてQCDの向上が伴うためである。

そこで、まずは「手戻り」とは何かを定義し、次に、その手戻りを埋め込んだ上流工程のプロセスを特定して改善する方法について議論する。

### 6.1.2 手戻りとは何か？

ここで手戻りとは何かを説明するために、毎年北米で開催されているSEPGのカンファレンスでBill Curtisが提案したシステム開発におけるプロジェクトコストの分類を図6-3に提示する[21]。この図に従えば、システム開発におけるプロジェクトコストは、実施コストと品質コストに分類できる。実施コストとは、プロジェクト計画の作成、ドキュメンテーション、開発などのプロジェクト管理のコスト、およびモノづくりのためエンジニアリングコストの合計である。次に品質コストとは、提供するプロダクトの品質を向上させるためのコストである。品質コストは、さらに適合コストと不適合コストに分類される。適合コストとは、品質管理のためのレビュー、テスト、監査などの評価コスト、および訓練、手順、ツール、データ分類などの予防コストの合計である。

一方、不適合とは、適合コストの活動で不具合により発生したデバッグ、修正、再試験などである。不適合コストは、適合に分類される活動で指摘された欠陥を修正するものであり、欠陥が発生しなければ不適合コストは発生しない。Bill Curtisの研究ではIBM, TRW, NASA-SEL, Hewlett-Packard, Raytheonなどの企業を調査した結果、プロジェクトコストの30-40%は不適合コストが占めていると報告している。

プロセスを改善することでこれだけの不適合コストを取り除けば、生産性自体の改善が見込めない場合であっても、結果としてQCDの大幅な改善が期待できる。本研究では、図6-3における不適合のために発生する作業(Noncompliance Cost)を「手戻り」と定義する。

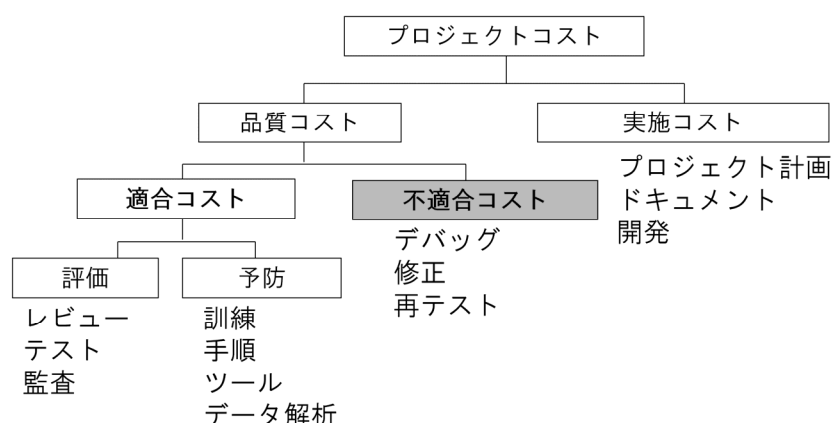


図 6-3 プロジェクトコストの分類[21]

### 6.1.3 手戻りを低減させるためのプロセス改善

手戻りは、前工程以前の欠陥による不適合とその工程内の欠陥による不適合の 2 つに分類できる。例えば、ソースコードレビューにより欠陥を指摘された場合、前工程の設計書が間違っていた影響でコーディングを間違えたのであれば前工程以前の欠陥による不適合となり、正しい設計書を用いていてもソースコードのロジックを間違えてコーディングしたものであれば工程内の欠陥による不適合となる。

プロセス改善の基本は源流管理であり、より上流のプロセスを改善したほうが、より大きな改善効果を得ることは言うまでもない。したがって、前工程以前の欠陥による不適合を改善することで、下流工程への影響を低減させるのが取るべきアプローチであろう。

本研究では、前工程以前の欠陥による手戻りを低減させるために、テスト工程の欠陥管理台帳に着目する。欠陥管理台帳とは、テスト工程で検出した欠陥を記載したものであり、主に日付、担当者名、欠陥の登録番号、対象システムなどの基本情報に加えて、欠陥の検出工程、欠陥概要、発生箇所、処置概要、欠陥の混入工程などが記載される。欠陥管理台帳において、欠陥の検出工程と混入工程が一致していれば、その工程内の欠陥による不適合となる。一方、検出工程と混入工程が一致していなければ、それは前工程以前の欠陥による不適合とみなしてよい。

### 6.1.4 解決すべき課題

このような検討から、欠陥管理台帳を用いて欠陥を生んだ原因を前工程に遡り、後工程により大きな影響を及ぼすプロセスを特定し改善することで、手戻りを低減できるという仮説が成り立つ。そしてこの仮説によってプロセス改善を実現するためには、次の 2 つの手順を確立することが、解決すべき課題となっている。

#### (1) 手戻りを発生させたプロセスを特定する手順の確立

組織によって手戻りを発生させるプロセスは異なる。個々の組織で手戻りを発生させた前工程のプロセスをどのように特定し、改善すればよいか、その具体的な改善方法は確立していない。

#### (2) 組織目標を実現に寄与する改善手順の確立

組織がプロセス改善に期待しているのは組織目標を実現であろう。それは手戻りの低減に伴う QCD の向上以外の個別の目標である場合も多い。そのような個別の組織目標の達成に寄与するためのプロセス改善の手順が確立されていない。



## 6.2 手戻り低減のためのプロセス管理

手戻り低減のためのプロセス管理を実現するために、欠陥管理台帳の手戻り情報を利用したプロセス改善の実装手順を提案する。提案方法の手順は、プロセス改善の組織目標の設定、手戻り工数の可視化、改善すべき前工程の成果物の特定、不適合を埋め込んだ根本原因の分析、根本原因を解消するプラクティスの追加、の5つのフェーズで構成されている。この様子を図 6-4 に示す。

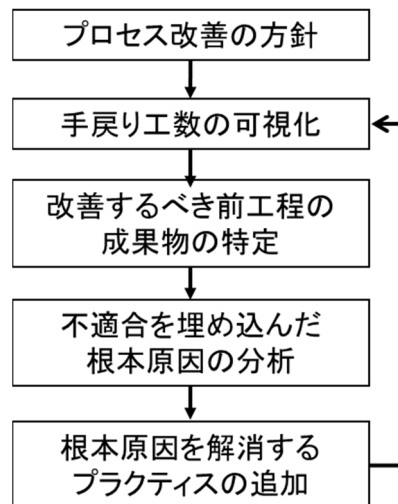


図 6-4 手戻り低減のためのプロセス管理の実装方法

### 6.2.1 プロセス改善の組織目標の設定

最初にプロセス改善の組織目標を設定する。組織目標とは、プロセス改善により達成すべき組織的な目標である。このとき同時に、設定した組織目標を定量的に測定するための指標を定める。組織目標の例としては、成熟度レベルの達成、品質およびプロセス実績の目標(Quality and Process Performance Objectives, 以下 QPPO と略す)の向上、生産性の向上、市場流出欠陥の低減、などである。

組織目標を定量的に測定するための指標とは、組織目標を達成したと判断するための要件である。市場流出欠陥の低減であれば、プロジェクト数に対する市場流出欠陥数の比率の前年度からの 10%低減などである。指標は、データの収集と検証および解析のサイクルをできるだけ瞬時に実施できるように具体的な表現とする。

### 6.2.2 手戻り工数の可視化

一般に、受注金額、品質要求、開発工期など QCD に関わる要求が高度化すると、その影響は工数に反映されると考えてよい。すなわち、難易度の高い開発や高品質を求められるプロジェクトでは、結果的により多くの工数を要することになる。

本研究では、プロジェクト全体で要した工数に対する各工程の工数比率を算出して、工程ごとの棒グラフで表示する。次に、各工程で作成した欠陥管理台帳に記載される記録を利用して、各工程に要した工数を「理想的な開発コスト」「現在の工程欠陥の除去コスト」「上流工程欠陥の除去コスト」に分類して色付けする。欠陥管理台帳には、欠陥の検出工程と混入工程が記載されているため、両者が同じならば「現在の工程欠陥の除去コスト」、両者が異なっていれば「上流工程欠陥の除去コスト」とする。

### 6.2.3 改善すべき前工程の成果物の特定

ウォーターフォール型の開発ライフサイクルでは、ある工程で作成された成果物は次の工程への入力となる。

例えば、要求定義工程の成果物として「要求定義書」が作成される。「要求定義書」は次の設計工程への入力となり、設計工程では「要求定義書」を基にして設計される。下流工程で欠陥が発生するのは、その工程への入力となった上流工程からの成果物に不具合があると考えられる。もし、設計工程で何らかの不具合が発生すれば、それは「要求定義書」に不具合の原因が混入されている可能性が高い。

そこで、ここまで可視化した手戻り工数から、混入工程として最も多い上流工程を特定する。各工程で作成する成果物は、構成管理計画書の作成時に構成管理台帳の中に一覧化されているので、混入工程として最も多い上流工程が特定できれば、その工程で作成された成果物も特定され、その中に下流工程での欠陥を埋め込んだ成果物が含まれることになる。

成果物は管理文書と技術文書に分かれるが、この場合は技術文書が対象となる。ほとんどの工程では下流工程に影響を及ぼす技術文書は 1-2 個なので、それぞれの組織の事情を鑑みて、欠陥が含まれる成果物を論理的な推論で特定する。

#### 6.2.4 不適合を埋め込んだ根本原因の分析

ここで特定したのは、不具合が含まれる上流工程で作成された技術文書である。次にその技術文書を精査してどのような欠陥であるかを識別し、速やかに修正しなければならない。しかし、そのような修正では、この技術文書を修正したというだけのことであり、プロセスの改善にならない。上流工程の技術文書に欠陥が埋め込まれた根本原因を特定して解消することで、はじめてプロセス改善として完結する。

上流工程の成果物に欠陥が埋め込まれるには、主に次のような理由がある。

- (1) 技術文書自体が不完全であった場合
- (2) さらに上流工程からの入力となった技術文書に欠陥があった場合
- (3) その成果物のピアレビューでは指摘できない場合
- (4) 同時に複数の技術文書を修正しなければならない類似欠陥に気づかなかつたりした場合

ここで(1)の場合は、その技術文書の作成者本人やレビュー担当者がより一層の注意を払って欠陥をなくすしかないが、(2)～(4)の場合には、それまで組織で作成された作業標準にしたがった正しいプラクティスを実施していても欠陥が検出できなかったことになる。そのようなプラクティスの不足を欠陥を埋め込んだ根本原因として明確にする。

#### 6.2.5 根本原因を解消するプラクティスの追加

プロセス改善を導入している組織では、その活動は「組織の標準プロセス群」(Organization's Set of Standard Processes : 以下、OSSP と略す)にしたがって実施される。OSSP は、プロセス領域に分類して作成され、どのプロセスを実行するとどのような成果物が作成されるか記載されている。ある成果物が作成されたのはどのプロセスを実施した結果であるのか識別できる。

すなわち、下流工程へ欠陥を持ち込んだ成果物を特定すると、OSSP を精査することでその成果物を作成したプロセスも特定できることになる。そこで成果物に欠陥が埋め込まれた原因を解消するようなプラクティスを追加することでプロセスを改善する。

以上が、本研究における提案方法であるが、既に確立され運用されているプロセスに対して何かプラクティスを一つ追加したからといって、それで目に見えるような実効を享受できるわけではない。組織目標の達成に寄与する内容であれば、同時に複数のプロセス改善を行うべきであろう。

本研究では、一つの目安として、前工程の影響による欠陥が 10%以上ある場合は、本提案方法の 6.2.2 から 6.2.5 までのサイクルを継続するものとする。

## 6.3 適用評価

本節では、図 6-4 で提案した方法を B 社のプロセス改善活動に適用した事例を通して、有効性を評価する。

### 6.3.1 事例

B 社は主に計測装置系の組込み型システムを開発している。約 10 年前から CMMI 活動に取組み、4 年前には CMMI 成熟度レベル 3 を達成した。システム開発に必要とされるプロセス領域は導入されているが、具体的な QCD の向上は確認されていない。

B 社はウォーターフォールモデルのライフサイクルを採用しており、その工程は要求定義、外部設計、内部設計、製造、統合テスト a、統合テスト b、システムテストによって構成されている。統合テストは、コンポーネント間のインタフェースのテストであり、外部仕様と内部仕様の充足のために実施される統合テスト a と、サブシステム間のインタフェースで外部仕様を対象にする統合テスト b を区別している。

B 社では、CMMI 成熟度レベル 3 を達成して基礎となるプロセスを構築した後、効果的なプロセス改善に取り組むために CMMI 高成熟度ではなく本提案方法に取り組んだ。

### 6.3.2 第1ラウンド

組織目標は「テスト欠陥比率の低下によるフロントローディング」と設定した。テスト欠陥比率とは、製造工程の完了時点を境にしてライフサイクル全体での検出欠陥に対する、テスト工程での検出欠陥数の比率を指す。またフロントローディング(Front Loading)とは、より上流工程で多くの欠陥を検出することで下流工程での手戻りを予防する活動を指す。

B 社が本提案方法を導入する時点で、プロジェクト全体工数に対するテスト欠陥比率は 42%であった。組織目標を定量的に測定する指標は、テスト欠陥比率が開始時点よりも 3 年間連続で低下することとした。

図 6-5 は、B 社で用いている開発ライフサイクルを横軸、各工程の工数比率を縦軸に示したものである。工数比率とは、プロジェクトに投入した全工数を 100%としたときの各工程に投入した工数の比率を指す。一番背の高い「製造」工程に最も多くの工数を要したことを意味している。

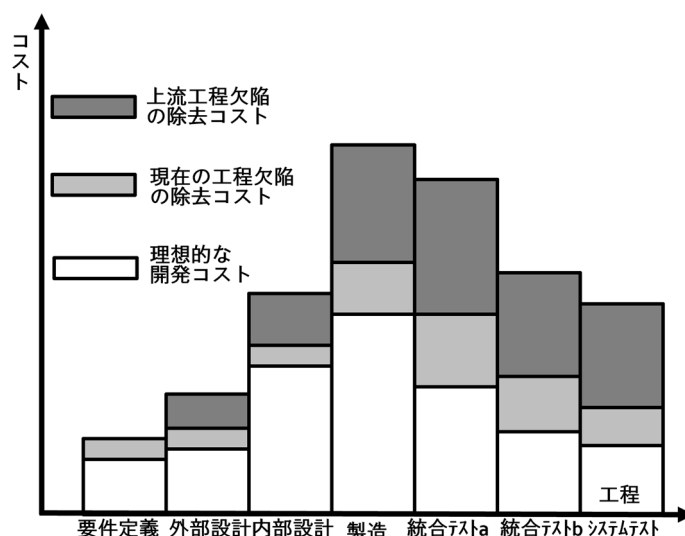


図 6-5 B社のライフサイクルと工数比率

B 社では、上流工程の要求定義書、外部設計書、内部設計書、ソースコードに対してピアレビューを実施し、ピアレビュー実施記録に文書化している。下流工程では、統合テスト a 工程、統合テスト b 工程、システムテスト工程でテストを実施し、それぞれテスト実施ログを作成している。ピアレビュー実施記録およびテスト実施ログが欠陥管理台帳となる。

これらの欠陥管理台帳から手戻り工数を算出し、前工程以前の欠陥に対する不適合コストを濃色、その工程内の欠陥に対する不適合コストを薄色、本来の理想的な開発コストを白色にして示した。前工程以前の欠陥に対する不適合コストとその工程内の欠陥に対する不適合コストの合計は 51% となった。プロジェクト工数の過半は、手戻り対応に費やしていることがわかった。

欠陥管理台帳を用いて集計すると、濃色部分の 23% の混入工程は外部設計工程が占めていた。B 社では計測装置のオーダーメイドを取り扱っており、一度納めた製品は 10 年以上使用され、機能拡張に関わる派生開発を繰り返している。外部設計工程では、システムのアーキテクチャ設計書、ソフトウェアの画面設計書、外部および内部のインタフェース設計書が作成される。この中で、アーキテクチャ設計書は再利用、画面設計書はすでに顧客と合意しているため、インタフェース設計書に欠陥が埋め込まれていると推察した。

次に、インタフェース設計書に不適合を埋め込んだ根本原因を分析するため、インタフェース設計書への入力、インタフェース設計書自体の完成度、インタフェース設計書のピアレビューの不足、他の成果物との不整合の観点に分類し調べてみたところ、インタフェース設計書と他の成果物との不整合が突出していた。

B 社の開発では、一人の PM の下に電気担当、機械担当、ソフトウェア担当のサブ PM がいる。顧客からの変更要求が発生した場合には、サブ PM の管理下にあるインタフェース設計書を同時に修正しなければならない。ところが、変更による影響範囲の分析が不十分な場合があると、一部のインタフェース設計書の修正漏れが発生する。これが下流工程の欠陥を生んでいた。すなわち、不具合が発生した根本原因は変更管理プロセスであると判断した。

B 社でも変更管理プロセスは導入されていたが、変更要求に対していきなりソースコードを修正することが多く、インタフェース設計書まで遡って修正していなかったことがあった。インタフェース設計書とソースコードを同時に修正する一貫した管理まで手が回っていなかった。

B 社の OSSP では、変更管理の際に構成制御委員会(Configuration Control Board, 以下、CCB と略す)を開いて影響分析を行うプラクティスがある。しかし、CMMI でも CCB は推奨プラクティスであり必須ではないため B 社でも CCB 開催は任意となっていた。そこで B 社では、顧客要求に変更が発生した際には、PM とサブ PM 間の判断により CCB を開催するプラクティスを追加した。

また、CCB を開催しても影響分析自体が不十分な可能性が残るため、要求定義書からインタフェース設計書までのトレービリティマトリックスに番号付けをするプラクティスも追加した。トレービリティマトリックスに番号が付与されていれば影響分析にも役立ち、下流工程で類似箇所の修正漏れが発生するのを予防できる。

### 6.3.3 第 2 ラウンド

図 6-6 は、第 1 ラウンドの改善を終えた後、再び手戻り工数の可視化のために作成したグラフである。棒グラフの高さは各工程の工数比率なので前回と変わらない。「解消」となっているのは本提案方法の第一ラウンドで解消すると期待される領域である。

ここで「解消」となっている箇所を除いた上で、各工程の欠陥管理台帳を用いて集計すると、濃色部分の約 12% の混入工程は内部設計工程であった。すなわち、第 2 ラウンドでも 10% 以上の欠陥が集中していた。そこで次のステップに進んだ。

内部設計工程で主に作成されるのは、ソフトウェア設計書と状態遷移図である。組込み型開発ではソフトウェア設計書はパターン化されており、ケアレスミス以外の欠陥が埋め込まれることはあまりない。そこで状態遷移図のほうに欠陥があると推察した。実際に調べてみたところ、派生開発における新規開発部分と流用部分のインタフェースに欠陥が含まれていた。状態遷移図に欠陥が含まれていた場合は、状態遷移図の作成に問題があったともいえる。しかし、複雑な状態遷移図は作成者一人で完成させるのは難しいので、状態遷移図のピアレビュー不足の原因が大きいと判定した。

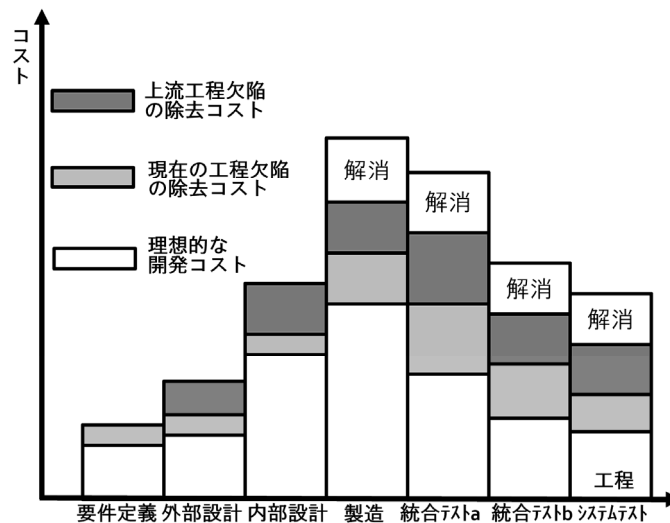


図 6-6 B 社のライフサイクルと工数比率(2nd)

B 社の OSSP では、成果物の規模に対するピアレビューの実施率が決められている。設計書などのドキュメントは実施率 100%，状態遷移図やソースコードは PM 判断により「危なそうな箇所」を中心に実施率 30%程度としていた。

このため状態遷移図のピアレビューでは、レビューは定められた 30%の範囲をレビューし終えたら、終了基準に達したとしてピアレビューを終了することが多い。このため欠陥が含まれている箇所がピアレビュー対象範囲から外れることがある。

すなわち、PM が「危なそうな箇所」と判断した範囲がピアレビュー実施率の 30%に含まれていなかったのが根本原因であると特定した。そこで、PM はサブ PM とピアレビュー範囲の妥当性を協議してその議事録を作成するプラクティスを追加した。

また、B 社でのピアレビューの方法には、バディ、チーム、読み上げの 3 つがある。バディとは作成者とレビューの二人で開催し、チームは複数の担当者が個別に事前レビューする方法である。読み上げとは、ウォークスルーを会議形式で行う。レビューによる事前レビューは行わず、レビュー会議で成果物の作成者がレビュー対象を読み上げ、実装を始まりから終わりまで順を追って説明するものである。ピアレビューはこの順に厳格になり、多くの工数を要するかわりに欠陥検出率は高くなる。

B 社では何も指定がなければバディを採用しているが、新規開発部分で「危なそうな箇所」の場合は、読み上げによるレビューをするプラクティスを追加した。

### 6.3.4 第 3 ラウンド

第 3 ラウンドでも同様に図 6-5 に相当するグラフを作成し、色分けして不適合の分類を可視化してみた。しかし、前工程以前の欠陥が 10%を超えるようなことはなかったので、本サイクルはこれで終了した。

## 6.4 適用結果

### (1) 手戻りを発生させたプロセスを特定し改善する手順は確立されたか？

本提案方法は、プロセス改善の組織目標を確定した後、手戻り工数を可視化し、組織目標にしたがって改善すべき前工程の成果物の特定した。その後、さらにプロセスの不適合の原因を掘り下げて根本原因を特定し、改善のためのプラクティスを追加する手順を確立した。

本提案方法では、前工程以前の欠陥による手戻りを対象として議論しているが、CMMIを導入していたときと比較するために、前工程以前の欠陥による手戻りと工程内の欠陥による手戻りの合計の工数比率の推移を図6-7に示す。

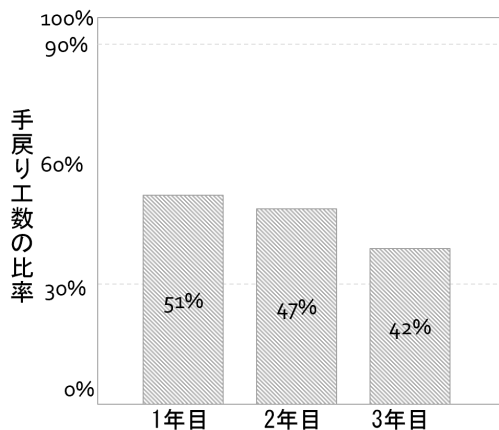


図 6-7 手戻り工数比率の推移

元々51%あった手戻り工数比率が42%まで改善した。CMMIを導入してレベル3まで達成しても具体的な改善効果が確認できなかった組織が、本提案方法を導入して3年間で約9%の改善効果を確認した。

### (2) 組織目標の実現に寄与する改善手順は確立されたか？

本提案方法は、最初の段階で組織目標を設定し、同時に組織目標を定量的に測定するための指標を定めることで、そのプロセス改善が組織目標の実現に寄与するかわかるようにした。

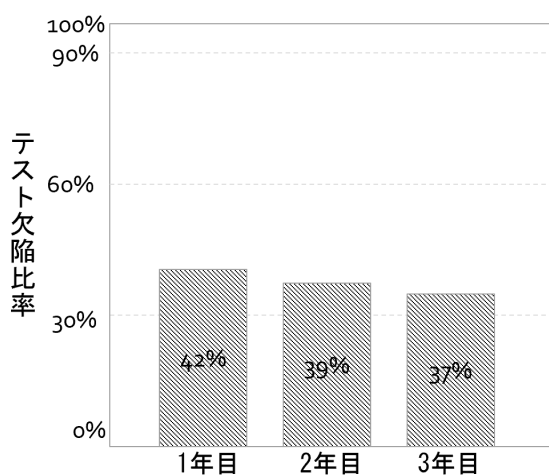


図 6-8 テスト欠陥比率の推移

図 6-8 は本提案方法を導入して 3 年間のテスト欠陥比率の推移である。テスト欠陥比率が 42%から 37%まで改善した。本提案方法を導入した最初の年のプロジェクト数は 102 個、3 年後のプロジェクト数は 96 個だった。ここで、帰無仮説として「2 群の母比率は等しい」を設定して 2 群の比率の差を検定してみる。プロジェクト数を試行数とすると、42%から 37%まで改善は、検定統計量は p 値を超える。確認された改善は有意な効果であると言える。

## 6.5 考察

本節では、適用評価の結果として課題が解決されたかを考察する。

### 6.5.1 手戻りを発生させたプロセスを特定する手順の確立

本研究の提案は図 4-1 で説明した通り、組織的に CMMI レベル 3 のプロセスが実装されていることを前提としている。下流のテスト工程では、統一した様式を用いて欠陥管理票が作成される。欠陥管理票には欠陥の混入工程が記載されるため、プロジェクト計画段階で作成したため構成管理台帳を参照して、工程で作成した技術文書を特定し、さらにその根本原因を追究することでプロセスを改善する手順を確立した。

図 6-7 は、B 社の手戻りは 3 年で 9%程度改善していることがわかる。B 社ではこの間に他の新しい施策は導入していないので、図 6-7 の改善効果は本提案が寄与していると考えられる。手戻りを発生させたプロセスを特定する手順を確立したことを確認した。

### 6.5.2 組織目標の実現に寄与する改善手順の確立

本提案を適用した B 社では「テスト欠陥比率の低減」を組織目標とした。本提案では、できるだけ下流で作られた欠陥管理台帳を用いて、欠陥を埋め込んだ上流のプロセスを特定して改善する方法である。品質管理やプロセス改善の基本は源流管理であることは言うまでもないが、図 6-6 を見ても明らかな通り、上流工程のプロセスの欠陥は、多くの下流工程に影響を及ぼしている。上流のプロセスを改善することで解消する下流工程の欠陥はより下流工程に進むほど広くなるため、テスト欠陥比率の向上に結びつくものである。

図 6-8 では、本提案のイネーブラーを導入した B 社のテスト欠陥比率が 42%から 37%まで改善し、フロントローディングを実現したことを示している。本提案は、組織目標の実現に寄与したことを確認した。

## 6.6 まとめ

モデルアプローチを用いたプロセス改善が流布される中で、より各組織の事業目標の達成に寄与すると思われる手戻り低減のためのプロセス管理を提案した。

本論文で引用した B 社では、CMMI の成熟度レベルを達成しながら具体的な実効を確認できていなかったものが、本提案方法を採用してから 3 年の期間で手戻りの低減と組織目標の実現の改善効果を確認した。本提案が有効である見通しを得た。

モデルアプローチによるプロセス改善だけでは、実質的な改善効果は期待できないといって良い。しかし、モデルアプローチにより CMMI レベル 3 までのプロセスが組織全体に実装されていることを起点とすれば、本研究で提示したような「手戻り」を生んだプロセスを改善することによる改善効果が期待できる。

## 7 定量的リスク管理方法

本章では、パフォーマンス向上のイネーブラーの一つである定量的リスク管理方法について議論する。本研究における定量的リスク管理方法は、図 7-1 の色付けした部分の位置づけとなる。まず、リスクとは、発生が不確実な事象で、発生した場合に好ましくない影響をもたらす可能性のあるものを指す。リスク管理とは、発生すると予想されるリスクに対する予防措置をとり、顕在化したリスクを軽減化させる活動を指す。

多くの組織では ISO9001 の審査登録を行い、CMMI を用いたプロセス改善を行っている。これらのプロセスモデルではリスク管理が求められるため、リスク管理プロセスの導入は一通り完了している。しかしながら、信頼できる統計情報によると国内外のシステム開発プロジェクトで QCD（品質、生産性、納期）のすべての面で成功しているプロジェクトは 30%程度でしかない[41]。すなわち、リスク管理プロセスの導入には成功しているにもかかわらず、それがプロジェクトの成功には結びついていない状況にあると言って良い。

そこで本研究では、これまでにリスク管理を導入した組織の事例を分析することで、期待した成果を得られなかった要因を特定した。次にこの要因を解消するために、常設型のリスク監視機関を設置し、傘下のプロジェクトのリスクを組織視点で管理して、リスク軽減策を発動する方法を提案するものである。




目的	コンフォーマンス		パフォーマンス	
	アプレイザル対象	アプレイザル対象外	各プロジェクト	プロジェクトと組織
個別プロセスの改善				③定量的リスク管理方法
QCD向上			②手戻り低減のためのプロセス管理	
プロセス管理の土台作り		①プロセス改善活動の定着化		
レベル3合格	上澄みプロジェクトによるアプレイザル合格			

図 7-1 実効のあるプロセス改善を実現するためのイネーブラー

### 7.1 リスク管理が成功しない要因

#### 7.1.1 リスク管理プロセスの事例分析

本研究では、リスク管理を導入しても期待した成果を得られない原因を整理するために、著者が CMMI コンサルテーションに携った 4 つの組織を取り上げて分析した。各事例の取組み概要を以下に示す。

- (1) 自動車制御の組込みソフトウェア開発(事例 1)。運転手が自動車内で指示した通りに自動車を制御するための組込みソフトウェアの開発。
- (2) 家電製品の製造工場におけるライン制御プログラム開発(事例 2)。新規工場立ち上げに伴い工場の組み立て工程ラインを制御するシステム開発。
- (3) 電子辞書など精密機器の組込みソフトウェア開発(事例 3)。大量生産される電子精密機器に組み込まれるソフトウェアの開発。
- (4) 通信インフラ企業の研究所における試作品開発(事例 4)。研究成果を実用化するまでに試作品として開発され、後に事業会社に対して提供される研究所プロダクトの開発。



表 7-1 リスク管理の実施事例の概要

	自動車系A社 (事例 1)	家電工場B社 (事例 2)	精密機器C社 (事例 3)	通信系 R&D D社 (事例 4)
対象システム規模	小規模	中規模	中規模	小規模
ユーザ側の要求	短工期スパイラル開発	高品質	市場バグの抹消	プロトタイプ 品質向上
技術課題	見積りの適正化	大規模組織での技術の共通展開	精密機器製品への組み込み開発	新規研究技術の実装
今も発生している問題点	プロジェクトからのアラームが遅れ対策実施が間に合わない	進捗厳守に偏り、品質面での確認作業が後手になった	プロジェクト内面まですり抜けで立ち入れず確認漏れが発生した	進捗報告資料におけるリスクの解釈方法が不統一

上記から現在行われているリスク管理の事例には、4 つの問題点が存在することが明らかになった。この結果を表 7-1 に示す。

- (1) 問題 1 : PM によるリスクの識別によるトリガーが遅れ、リスク対応策が間に合っていない。PM は類似の問題が発生してもなんとか解決した経験があるため、今回も自分で解決できると考えて、上級管理職に対してリスクの発生を報告してなかった。
- (2) 問題 2 : 開発プロジェクトは、もともと開発期間を順守できるギリギリのプロジェクト計画を作っている。その結果、リスクの発生に伴う手戻りが発生すれば納期遅延につながるため、リスクの報告を躊躇することがある。
- (3) 問題 3 : イベントドリブンによりリスクへの対応策を発動する計画をしていたところ、プロジェクトメンバーはリスク管理プロセスを正しく認識せずに、次の週次進捗会議まで報告が遅れた
- (4) 問題 4 : リスク管理台帳でリスクのトリガーやしきい値が正しく定義されておらず、役割と責任の不理解があり、リスクが正しく報告されていなかった

ここに上げた 4 つの問題が示唆しているのは、リスク管理のプラクティスは正しくても、リスクの対応戦略が間に合っていないということである。

### 7.1.2 リスク管理が間に合っていない要因分析

次に、図 7-2 に示すような特性要因図を作成することで、リスク管理の発動が間に合っていない要因を分析した。その結果、次に提示するような 4 つの要因が明らかになった。

- (1) 要因 1 : タイムリーで正しいリスク報告が行われていない。  
リスクが拡大し、重度の遅延が発生しても、リスクの管理が行われていない。リスクを小さ目に報告したりリスクを隠したりしている。プロジェクトは組織によって人事評価されるため、悪い報告を隠す傾向がある。これが問題 1 の原因となっている。
- (2) 要因 2 : PM のリスク評価スキルの不足  
PM のリスク判断のスキルが不足しているために、重大なリスクの発生を識別できないことがある。そのため組織はリスクを見逃して正しいリスク管理ができていない。これは問題 1,3,4 の要因となっている。
- (3) 要因 3 : リスク管理作法の不統一  
PM と上位管理職とのコミュニケーション不足により、正確な用語やリスク管理作法が用いられていない。これが問題 2,3 の要因となっている。
- (4) 要因 4 : リスク可視化の不足  
リスク管理台帳には PM の主観的な判断が含まれる。そのため上位管理者はプロジェクトのリスク状況を正しく把握できず、これが問題 4 の要因になっている。

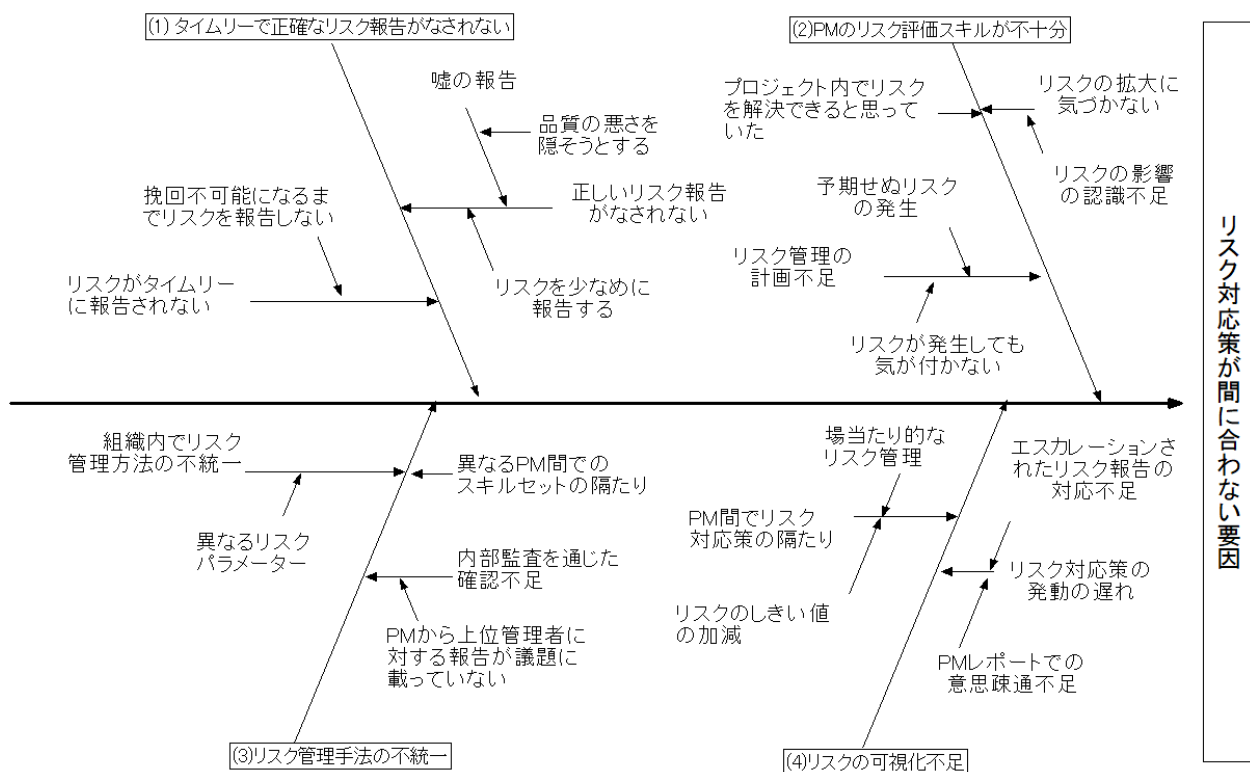


図 7-2 リスク管理が間に合わない特性要因図

本研究では、プロジェクト管理のリスク管理活動において、タイムリーで正確なリスク報告の実施、PM のリスク評価スキルの不足、リスク管理作法の不統一、リスク可視化の不足、を解消することを課題とする。

## 7.2 提案方法

ここで提案方法の基本方針と手順を述べる。

### 7.2.1 基本方針

リスクは潜在的なものであり必ずしも表出化するわけではない。しかし、常に早めのリスク対応策を発動すると不必要な労力とコストが発生することになる。正しいリスク管理プロセスを確立するためには、それぞれのプロジェクトでリスクを正しく定義し、定量的なデータを用いた客観的な評価が求められる。そこで次のような基本方針を立てた。

#### (1) 明確なリスク基準の設定

リスク管理プロセスのプラクティスを実施するために客観的な基準を設定リスク管理台帳への登録、リスクの顕在化の識別、定量的評価方法など

#### (2) プロセス実施ベースライン(PPB)の活用

PPBを用いて、プロジェクト個別のデータベースではなく、組織に蓄積された全プロジェクトの履歴データを活用

#### (3) 統計的方法を用いたプロジェクト全体の評価

個々のリスクのしきい値を用いるのではなく、統計的方法を用いてプロジェクト全体のリスクしきい値を評価

#### (4) SME および QA 制度の導入

リスク管理に関わるスキル不足の問題を解消するために、特定の技術領域の専門知識のある SME および QA

(品質保証担当)を交えてリスク活動について議論

## (5) 整合

(1)から(4)までの基本方針をリスク管理プロセスに整合

### 7.2.2 手順

リスク管理において対策が間に合わないという課題を解消するために、次のようなリスク管理の手順を導入する。すなわち、リスク管理台帳およびWBSの作成、EVMを用いた定量的な進捗管理、ロジスティック回帰分析によるリスク分析、リスク対応戦略である。この手順を図7-3に示す。

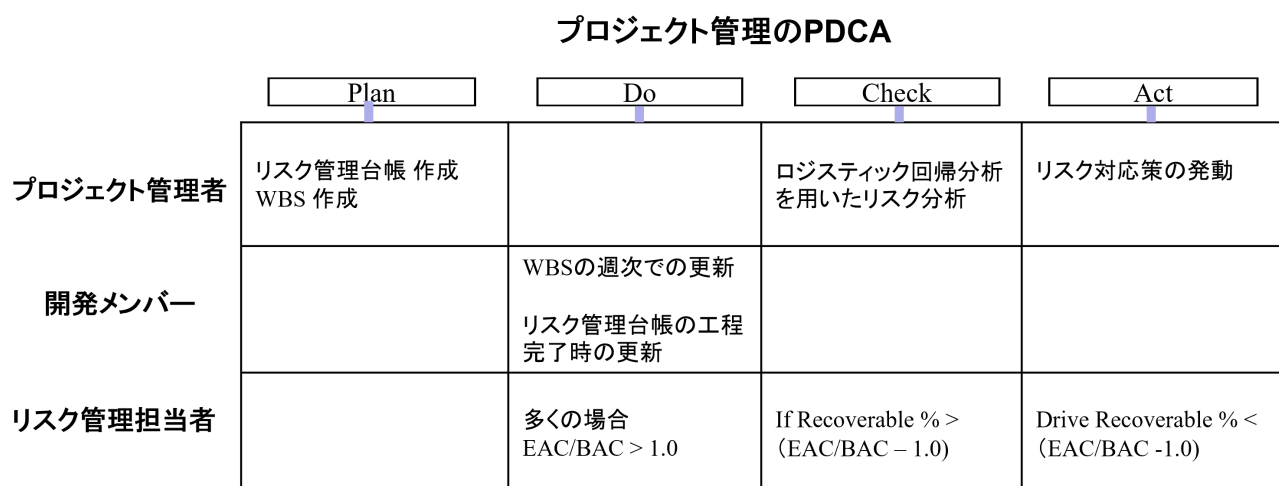


図 7-3 定量的リスク管理の手順

#### 7.2.2.1 リスク管理台帳およびWBSの作成

最初にリスク管理台帳とWBSを作成する。システム開発プロジェクトではプロジェクト全体のリスクはプロジェクト計画書の作成時に識別される。主に、リスクは顧客ニーズの分析、顧客要求定義書の作成、プロジェクト計画書の作成、およびQAによるドキュメントレビューの際に気づくことが多い。

得られたリスクは、プロジェクトのリスク管理台帳にリストアップされ、個々のリスクの属性が記載される。ここで属性には、リスクの内容、発生確率、顕在化した際の影響、手戻り時間、リスク対応戦略、発動のしきい値、リスク対応策、および優先順位が記載される。優先順位は、リスクの影響の大きさによって順位付けされる。

プロジェクト計画段階では、計画と同時にWBSを作成する。プロジェクト計画段階ですべてのタスクをレビューし、それぞれのタスクの開始および終了日程とタスク実施に要する工数を設定する。すべてのタスクを識別して予め用意された様式にWBSを作成すると、プロジェクトのPV(Planned Value)およびBAC(Budget at Completion)が計算される。

リスク管理プロセスでは、リスクが顕在化した場合の影響の大きさは、「時間」または「金額」に換算される。本研究では、その影響は「時間」に変換する。プロジェクトの利害関係者は、影響の大きさを定量的に把握することが可能となる。この条件で作成されたリスク管理台帳を図7-4に示す。

No	リスクの記述	発生確率	影響	手戻り	対応戦略	しきい値	リスク対応策	優先順位
1	アウトソーシング先からの納品遅れ	H	H	100	軽減	5月11日	人的資源追加	3
2	プロジェクト内特定担当者の品質不良	M	H	100	軽減	設計工程完了	担当者へ リターン割当て	4
3	インフルエンザの流行による出勤停止	L	L	300	軽減	リスクアセスメン 日数	予備担当者の 割当て	1
4	社長交代による方針転換	L	M	200	軽減	ステアリングコ ミッティ開催日	新しい 対応戦略	2
H: High, M: Middle, L: Low				Total	700			

図 7-4 リスク管理台帳

#### 7.2.2.2 EVM を用いた定量的な進捗管理

プロジェクト管理は、通常は週一で進捗会議を開催する。PM は進捗会議において、プロジェクトメンバに対してその週分の WBS を更新するように指示する。WBS を更新することで、見積りに対して実際にどれだけの出来高であるかを知ることができる。プロジェクトメンバは、WBS を EVM の値をもとにその週の進捗と発生した問題点を PM に報告する。これにより PM はプロジェクト完了時のコスト EAC (Estimate At Completion)を見積もることが可能となる。

#### 7.2.2.3 ロジスティック回帰分析によるリスク分析

次にロジスティック回帰分析を用いることで、そのプロジェクトが将来において失敗プロジェクトになるかどうかを予測する。

リスクの値を説明変数として用いれば、その値はバイナリー値をとる(Yes/No など)。例えば独立変数として「失敗プロジェクトの発生」を用いれば、その発生確率を計算することができる。基本方針 3 に従って、進捗管理のしきい値は、個々のリスクではなくプロジェクト全体のリスクを用いることにした。その結果成功プロジェクトであったかどうかの評価は、EAC/BAC によって評価される。もし、EAC/BAC が特定のしきい値を超えていたら、PM は然るべきリスク対応のアクションをとらなければならない。

システム開発を行っている組織では、しばしば 同じような 難易度で同じような規模の プロジェクトを実行するものであろう。そのため過去何年か分のプロジェを作成したクトデータを蓄積して PPB のリポジトリを構築することで、プロジェクト期間毎にプロジェクトが遅延した場合のリカバリー可能工数を調査した。

例えば、「プロジェクト期間が 18 ヶ月の場合なら、そのプロジェクトの遅延が全体の 5%以下であれば元々の納期に間に合うよう挽回できる」というようなことが経験的に分かっている。そのためにロジスティック回帰分析を用いることによって、それぞれのプロジェクト工期に対してリカバリー可能な日数を計算する。もしその期間が、(EAC/BAC-1.0)の値を超えるようであれば、それは納期に間に合わないことを意味する。したがって、その場合には何らかのリスク対応アクションが必要となる。

#### 7.2.2.4 リスク対応戦略

PM は、進捗会議においてリスクの状況を監視し、必要に応じて適当なアクションを起こす。もし、ロジスティック回帰分析の結果がしきい値を超えていた場合には、PM はリスク管理台帳に書かれた優先順位に従ってリスク対応策を発動することで、プロジェクトの遅延を埋め合わせする必要がある。そして次の PDCA サイクルをスタートさせる。

## 7.3 適用評価

本節では、本提案方法を C 社のリスク管理に適用した事例を用いてその有効性を評価する。ロジスティック回帰分析には、Windows PC 上のアプリケーションである米国 SAS 社製の JMP14 を使用した。

### 7.3.1 組み込み型システム開発での適用事例

C 社では、PMBOK を用いたプロジェクト管理を 10 年前から導入している。開発プロジェクトでは PDCA サイクルによるプロジェクト管理の基本的な運用は確立されていた。しかしながら、リスク管理プロセスとは言いながら、実際にはリスクマトリックスを作って、アセスメントのための証跡を準備することに終始していた。効果的なリスク管理の実現に繋がらない状況であった。

C 社では組織全体を考慮して、ウォーターフォールモデルを基本とした開発プロセス標準を作成していた。これに加えて PMBOK を導入する時にリスク管理計画、リスク管理台帳、およびリスクアセスメントチェックリストを全社的に導入した。C 社では、主に派生開発を実施し、短期間サイクル開発における納期遵守にフォーカスしている。QCD の全ての観点で不十分だった時に失敗プロジェクトとみなされる。組織の方針としては、納期遅延を防ぐと設定した。

C 社の顧客は、要求仕様を明確に提示することはめったにない。そのため C 社の PM は顧客ニーズを分析し、実現可能な予算と計画を作成して、工期を設定しなければならない。その結果から要求を定義し、プロジェクトを計画して、要求定義とプロジェクト計画に対する QA レビューを実施する。PM, SME, QA, およびプロジェクトメンバの間でディスカッションをした後、C 社では関連するリスクを洗い出してリスク管理台帳を作成した。

PM は週次で進捗会議を開催し、プロジェクトメンバに対して WBS の更新を指示する。その結果、EAC および EAC/BAC が算出される。そして最新のデータによりリスク管理台帳を更新する。その上で、EVM 値を「時間」に変換した。C 社における開発期間は、開発規模に応じて 6–18 ヶ月であった。そこでロジスティック回帰分析を用いてプロジェクトが失敗する発生確率を計算した。

図 7-5 は、プロジェクト期間が 18 ヶ月である場合の失敗プロジェクトになる確率を示す。ここで図の十字形は、プロジェクトの進捗が 6%遅延すると失敗プロジェクトになる確率が 0.421 であることを示している。すなわち、もしプロジェクトの進捗が 6%遅延すれば 42%の確率で納期遅延になることを意味している。

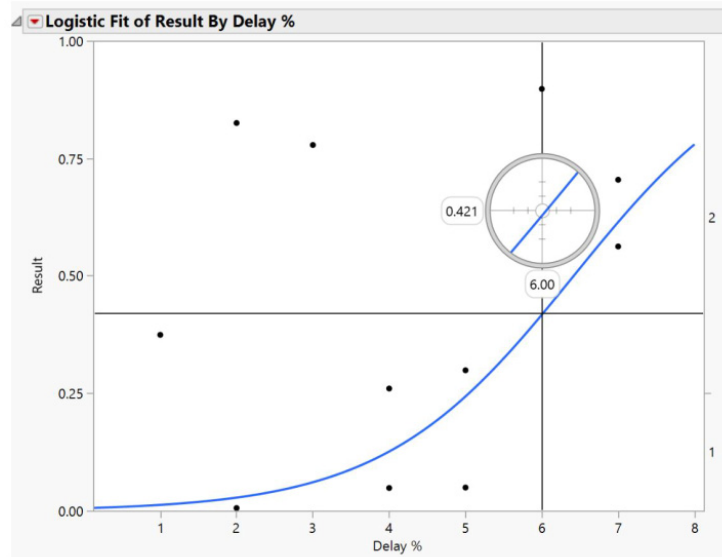


図 7-5 進捗遅延比率に対する失敗プロジェクトの発生確率

ただし、42%の発生確率はリスク対応策を発動する心理的なしきい値としては使いにくいので、ロジスティック回帰分析の逆推定を利用して、発生確率が50%になるところを計算した。その結果、プロジェクトが6.41%遅延する時点であることがわかった。換言すれば、もしプロジェクトの進捗遅延が6.41%であれば、50%の確率でリカバリー可能であることを意味する。この様子を図 7-6 に示す。

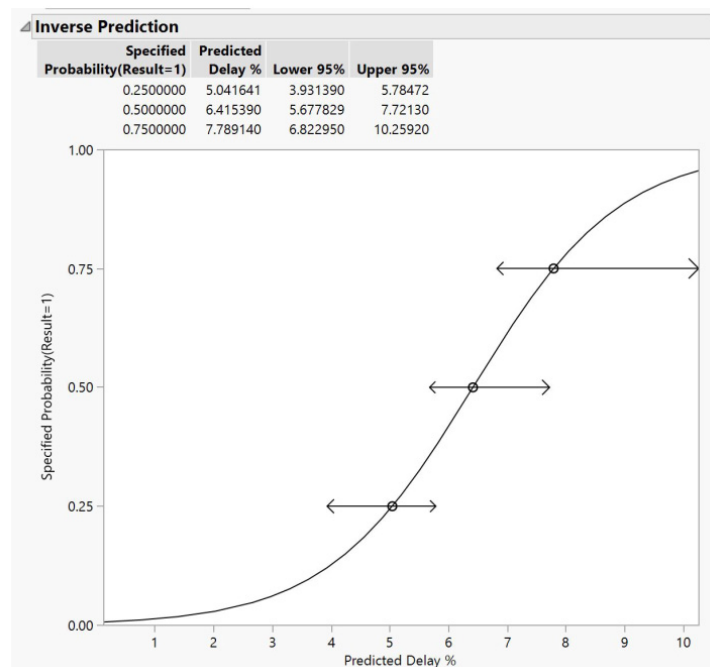


図 7-6 ロジスティック回帰分析による逆推定

実際に PM は毎週月曜日の午前中に進捗会議を開催し進捗を確認し、もし挽回可能レンジが 6.4%のしきい値を超えていたら、リスクの優先順位にしたがって挽回可能期間に収まるまでリスク対応策を発動した。

### 7.3.2 適用評価

図 7-7 は C 社における納期遅延プロジェクト数の推移を示している。

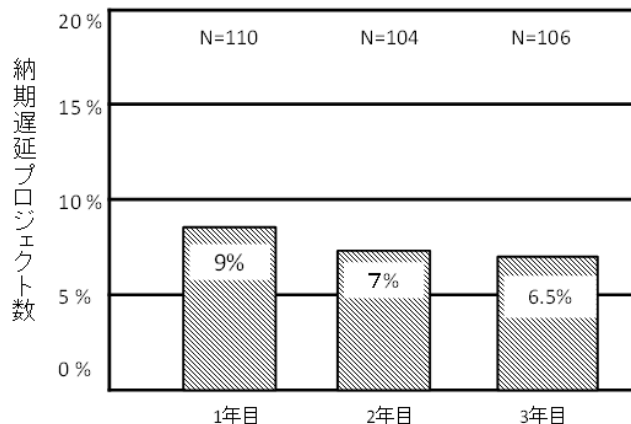


図 7-7 納期遅延プロジェクト数の推移

わずかではあるが、納期遅延するプロジェクト数は確実に減少している。この間、C 社では他の施策は行っていない。したがって、図 7-7 に示される傾向は、本提案方法による改善効果であると言って良い。

図 7-8 は、C 社において本提案方法を導入後 3 年間におけるコンティンジェンシーの推移を示している。コンティンジェンシーとは何か問題が発生した際に活用される 予備の予算を指す。予備の予算は、もし使用されなければそのまま利益として計上できるため、コンティンジェンシーはできるだけ使わない方が良い。本提案方法を導入した一年目は 30% 近く消費したが、3 年目になると 20% 以下まで減少している。

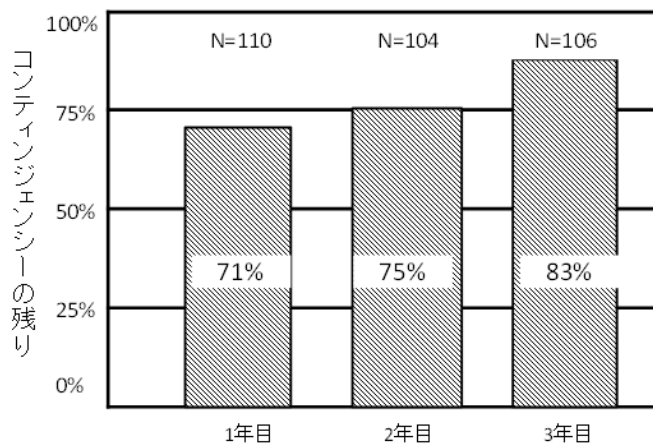


図 7-8 コンティンジェンシーの推移

リスク対応策は顕在化された時のリスクの影響の大きさによって優先順位付けされているため、この結果は、プロジェクトにおける大きな欠陥の発生の予防に貢献したと言って良い。本提案方法が、コスト改善効果に寄与していることが確認された。

## 7.4 考察

本節では、適用評価の結果として課題が解決されたかを考察する。

### 7.4.1 タイムリーで正確なリスク報告の実施

本研究では、各工程の完了時点で発生するプロジェクトリスクは、プロジェクト計画段階でのリスク管理会議において、PM, SME, QA により識別されレビューされる。この会議で、リスク管理台帳と WBS が更新され、EVM 値と客観的なパラメータが計算される。

これにより、プロジェクト全体のリスクと進捗状況がタイムリーに報告され、リスク報告の遅滞や誤った報告が発生することもなく、PM は即座に対応することが可能となる。タイムリーで正確なリスク報告を実施する課題は解消された。

### 7.4.2 PM のリスク評価スキル不足

本研究では、リスクを識別し判定するために、SME と QA レビューをプロジェクトにアサインした。彼らは PM に代わり、リスク管理プロセスをサポートした。その活動には、リスクの識別、リスク対応策の実行も含まれる。さらに、リスクはパラメトリックなデータを使って客観的に判定されるので、PM がそれぞれの専門分野の先入観などのバイアスに影響されることも回避できる。これにより、PM のリスク評価スキル不足の課題は解消された。

### 7.4.3 リスク管理方法の不統一

本研究では組織のプロジェクトの履歴データは PPB を通じて蓄積されている。そこでは各プロジェクト期間に対する挽回可能レンジも蓄積されている。PM や上級管理者は、リスクを客観的に評価し、リスク対応策を発動することができる。本提案方法では、組織として共通のリスク管理方法を支援している。本提案方法によりリスク管理方法の不統一の課題は解消された。

### 7.4.4 リスクの可視化の不足

本研究では 上流工程でリスクを識別した後に、週次ミーティングによってリスクを監視し、統計的方法を用いることで、リカバリー可能な範囲を可視化した。さらにリスクの影響の大きさを時間に変換して定量化することで、納期遅延を起こさないためのリードタイムを可視化した。リスクの可視化不足の課題は解消された。

## 7.5 まとめ

本研究では、システム開発現場で実行されている 4 つのリスク管理プロセスを分析した。次に、リスク管理プロセスの導入に成功しているにも関わらず、リスク管理のアクションが間に合わない要因を特定した。そのような課題を解決するために、プロジェクト管理、EVM、ロジスティック回帰分析を含む、定量的なリスク管理方法を提案した。提案した方法を実際の組み込み型システム開発プロジェクトに適用した場合に、納期の遅延、コンティンジェンシーの減少において実際の改善効果を確認することができた。本研究での提案は有効であると考えられる。本提案はプロジェクト規模とは無関係にどのような組織に関しても比較的容易に導入することが可能である。



## 8 結言

本研究では、効果的プロセス改善方法を研究テーマとして取り上げた。モデルアプローチを用いたプロセス改善では、コンフォーマンスの向上がパフォーマンスの向上に繋がっていないという課題があった。本研究では、これらの課題を解決するために、次の3つイネーブラーを提案した。

- (1) プロセス改善活動の定着化
- (2) 手戻り低減のためのプロセス管理
- (3) 定量的リスク管理方法

(1)に関するものとしては、CMMIの成熟度レベル3の合格を目標としてきた活動を、組織全体へ浸透させ定着化させるケースを取り上げた。CMMIアプレイザルの対象となっていないプロジェクトに対してプロジェクトランクを設定し、EPG進捗会議、SMEレビュー、火の見櫓、誘導型チェックリストを用いたPMサポートを実施し、その結果を簡易アプレイザルによる評定するものである。このイネーブラーを実際の開発組織に適用した結果、CMMIコンピテンシーの向上や簡易アプレイザルでの合格プロジェクト比率が向上していることを確認した。

またこのイネーブラーにより、プロセス改善の活動を組織全体に浸透させることで、組織の一部のプロジェクトだけでプロセス改善活動を実施していた形骸化を解消する一助となった。

(2)に関するものとしては、CMMIレベル3のプロセスが組織的に定着化していることを前提として、手戻り低減させるためのプロセス改善の方法を取り上げた。プロジェクトコストの30-40%が「手戻り」に占められている点に着目し、テスト工程で作成される問題管理票から手戻りを埋め込んだ上流工程のプロセスを特定し、プラクティスを追加することでプロセスを改善するものである。このイネーブラーを実際の開発組織に適用した結果、手戻り工数比率の減少、テスト欠陥比率のリストシフトで改善効果を確認した。

またこのイネーブラーにより、対象組織において最も多くの手戻りを発生させた改善すべきプロセスを特定することで、成熟度レベル毎に定められた画一的なプロセスを導入して、プロセス改善の完了としていた形骸化を解消する一助となった。

(3)に関するものとしては、CMMIのレベル3で実施する18のプロセス領域からリスク管理プロセスを取り上げ、定量的リスク管理を実現することで実効のあるプロセス改善につなげる事例を取り上げた。リスク管理プロセスの導入には成功しても、実際にプロジェクトの成功率は30%程度である。この状況を解決するために、これまでプロジェクト主体で行われてきたリスク管理を組織主体に引き上げ、組織として蓄積されてきたプロジェクトデータのメトリクスを用いて、ロジスティック回帰分析によりリスク対応策の発動を決定するものである。このイネーブラーを実際の開発組織に適用した結果、納期遅延プロジェクト数の低減、コンティンジェンシーの残存率の向上を確認した。

またこのイネーブラーにより、統計的方法を用いて対象組織毎に最適となる基準やしきい値を設定することで、それまで曖昧に基準やしきい値などを設定してアプレイザルに臨んでいた形骸化を解消する一助となった。

以上、本論文で提案したプロセス改善方法を参考にすることにより、システム開発プロセスが改善され、品質の向上、低コスト開発、生産性の向上に寄与することが期待される。

全体的な今後の課題としては、本研究での提案を多くの組織で適用評価することにより、その有効性を評価することである。今回取り上げた3つのプロセスの改善方法は、それぞれ1つの組織での事例となっている。今後より多くの組織で適用評価を行い、有効性を確認する必要がある。他の組織でも本研究での提案を採用し、評価されることが期待される。

## 9 謝辞

本研究は南山大学大学院理工学研究科ソフトウェア工学専攻の青山幹雄教授の論文指導のもとで行ったものである。研究面でのご指導とともに論文作成にあたって懇切な指導および助言をいただいたことを深謝申し上げます。

また、同専攻でご指導いただいた野呂昌満教授，沢田篤史教授，ならびに，東京工業大学情報理工学院情報工学科の佐伯元司教授，ジャーナル論文や国際会議の論文の共著者である筑波大学の木野泰伸先生，東京電機大学の片岡信弘先生に深謝申し上げます。

本学位論文を構成したジャーナル論文，国際会議で発表した論文は，すべて電子情報通信学会のソフトウェアインタープライズモデリング研究会での議論をもとに作成したものである。長年に亘り助言していただいた査読委員，専門委員各位に感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] Acebes, F., Pajares, J., Galánb J.M., and López-Paredes, Beyond earned value management: A graphical framework for integrated cost, schedule and risk monitoring, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol.74, pp.181-189, 2013.
- [2] Alhawari, S., Karadsheh, L., Talet, A.N., and Mansour, E., Knowledge-based risk management framework for information technology project, *International Journal of Information Management*, vol.32, no.1, pp.50-65, 2012.
- [3] Baccarini, D., Salm, G., and Love, P. E., Management of risks in information technology projects, *Industrial Management & Data Systems*, vol.104, no.4, pp.286-295, 2004.
- [4] Basili, V., Caldiera, G., and Rombach, H. D., Goal question metric (GQM) approach, *Encyclopedia of software engineering*, Wiley Online Library, 1990.
- [5] Berk, J., and Berk, S., *Total quality management: Implementing continuous improvement*, Sterling Publishing, 1993.
- [6] Boehm, B.W., *Software Engineering*, *IEEE Transactions on Computers*, vol. c-25, no.12, pp. 1226-1241, 1976.
- [7] Boehm, B. W., *Software risk management: principles and practices*: *IEEE Software* vol.8, no.1, pp.32-41, 1991.
- [8] CMMI Institute, *Process Maturity Profile*: CMMI Institute, 2013.
- [9] CMMI Institute, *Standard CMMI® Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPI) ver.1.3a, Method Definition Document for SCAMPI A, B, and C*: CMMI Institute, 2013.
- [10] CMMI Product Team, *CMMI for Development, ver.1.3, Improving processes for developing better products and services*: CMU/SEI-2010-TR-033. Software Engineering Institute, 2010.
- [11] Cooper, D., Bosnich, P., Grey, S., and Purdy, G., *Project Risk Management Guidelines: Managing Risk with ISO 31000 and IEC 62198*: Wiley Global Education, 2014.
- [12] Deming, W. E., *Elementary principles of the statistical control of quality: a series of lectures*, Nippon Kagaku Gijutsu Remmei, 1950.
- [13] Diaz, M., and Sligo, J., How software process improvement helped Motorola, pp.75-81: *IEEE Software*, vol.14, no.5, pp.75-81, 1997.
- [14] Dion, R., *Process improvement and the corporate balance sheet*: *IEEE Software*, vol.10, no.4, pp.28-35, 1993.
- [15] Fukuyama, S., Miyamura, S., Takagi, H., and Tanaka, R., A Software Process Improvement Support System: SPIS, *IEICE Transactions on Information and Systems*, vol.83, no.4, pp.747-756, 2000.
- [16] 福山 峻一, 高木 英雄, 田中 僚史, 渡辺 道広, 中林 効, ソフトウェアプロセスの持続的な改善を誘導するチェックリストの実装手順: *情報処理学会論文誌*, vol.42, no.3, pp.529-541, 2001.
- [17] 藤原 良一, 本間 敏夫, 細谷 和伸, プロセス改善による高品質 IT ソリューションの提供に向けた CMMI レベル 5 達成への軌跡: *三菱電機技報*, vol.80, No.9, pp.593-598, 2006.
- [18] Gebase, L., Snelick, R., and Skall, M., *Conformance Testing and Interoperability: A Case Study in Healthcare Data Exchange*: *Software Engineering Research and Practice*, pp.143-151, 2008.
- [19] Gemmer, A., *Risk Management: Moving Beyond Process*: *IEEE Computer*, vol.30, no.5, pp. 33-43, 1997.
- [20] Gremba, J., Myers, C., *The IDEAL model: A practical guide for improvement*: Software Engineering Institute Bridge, 1997.
- [21] Hayashi, A. and Kataoka, N., *Process Improvement Method Using Non-Model Approach*: *International Journal of Informatics Society (IJIS)*, vol.10, no.1, 2018. pp.3-11, 2016.
- [22] Herbsleb, J., Carleton, A., Rozum, J., Siegel, J., and Zubrow, D., *Benefits Of CMM-Based Software*

- Process Improvement: Initial Results: Software Engineering Institute, CMU/SEI-94-TR- 13, 1994.
- [23] Herbsleb, J., Zubrow, D., and Goldenson, D., Software quality and capability maturity model: Communications of the ACM, vol.40, no.6, pp.30-40, 1997.
  - [24] Humphrey, W. S., Snyder, T. R., and Willis, R. R., Software Process Improvement at Hughes Aircraft: IEEE Software, vol.8, no.4, pp.11-23, 1991.
  - [25] 林 章浩, 片岡 信弘, ソフトウェアプロセス改善箇所の識別方式: 電気学会論文誌 C, vol. 128, no. 7, pp.1231-1241, 2008.
  - [26] 石川 馨, 日本的品質管理—TQC とは何か, 日科技連盟出版, 1984.
  - [27] ISO/IEC 12207, Information Technology - Software Life Cycle Processes, 2012.
  - [28] ISO/IEC 17000, Conformity assessment- Vocabulary and general principles, 2004.
  - [29] ISO31000 Risk management-principles and guidelines International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2009.
  - [30] ISO9001(2015), Quality Management System Requirement: Japanese Standards Association, 2015.
  - [31] 経済産業省, 日本版 CMM 構想について, <https://sea.jp/SPIN/Reports/20010627SEA-SPINpresen.PDF>, 経済産業省, 商務情報政策局, 情報処理振興課, 2001.
  - [32] 亀田 康雄, NTT ソフトウェアにおけるプロセス改善活動事例, SEPS2004, 2004.
  - [33] Komuro, M., and Komoda, N., A Model to explain quality improvement effect of peer reviews: IEICE, Trans on Information System, vol.93, no.1, pp.43-49, 2010.
  - [34] 小室 睦, ソフトウェア開発への統計的プロセス制御の適用, 日立評論, vol. 89, no. 3, pp.82-92, 2007.
  - [35] 小室 睦, 男澤 康, 木村 好秀, 開発現場の実態に基づいたピアレビュー手法改善と改善効果の定量的分析: SEC Journal, vol. 1, no.4, pp.6-15, 2005.
  - [36] 小室 睦, 薦田 憲久,ピアレビューデータに基づく品質予測モデル: 電子情報通信学会論文誌 D, vol.J94-D, no.2 pp.439-449, 2011.
  - [37] Lipke, W. H., and Butler, K. L., Software process improvement: A success story: Crosstalk, vol.5, no.9, pp.29-39, 1992.
  - [38] McCaffery, F., Taylor, P., and Coleman, G., Adept: A Unified Assessment Method for Small Software Companies: IEEE software, vol.24, no.1, pp.24-31, 2007.
  - [39] Muller, S. D., Nphirbjerg, J., and Cho, H. N., Assessment tools as drivers for SPI: short-term benefits and long-term challenges: Information Systems Development, Springer, pp.709- 721, 2009.
  - [40] Muriana, C., and Vizzini, G., Project risk management: A deterministic quantitative technique for assessment and mitigation, International Journal of Project Management, vol.35, no.3, pp.320-340, 2017.
  - [41] 中村 建, 矢口 竜,プロジェクト成功率は26.7%, 2003年 情報化実態調査. 日経コンピュータ, vol.11, 2003.
  - [42] 日本規格協会, 情報技術標準化研究センター, ソフトウェアプロセス評価セミナー—標準情報(TR)公表を受けて—, 2000.
  - [43] Oemig, F., and Snelick, R., Healthcare interoperability standards compliance handbook: Cham, The Netherlands: Springer International Publishing, 2016.
  - [44] 岡村 正司, 絶対に遅延しないプロジェクト進捗管理 —マスタースケジュール, アーンドバリュー・マネジメント, PMS による科学的・定量的な進捗管理—, 日経 BP 社, 2010.
  - [45] Ohara, S., P2M: a guidebook of project & program management: Project Management Association Japan, 2005.
  - [46] 小笠原 秀人, 藤巻 昇, 艸薙 匠, 田原 康之, 大須賀 昭彦, 大規模組織におけるソフトウェアプロセス改善活動の適用評価—10 年間の実践に基づく考察: 情報処理学会論文誌, vol. 51, no.9, pp.1805-1815, 2010.
  - [47] Project Management Institute, A Guide to the Project Management Body of Knowledge, PMBOK Guide 2008 Edition: Project Management Institute, 2008.

- [48] 坂本 啓司, 田中 敏文, 楠本 真二, 松本 健一, 菊野 亨, 利益予測に基づくソフトウェアプロセス改善の試み: 電子情報通信学会論文誌 D, vol.83, no.7, pp.740-748, 2000.
- [49] Tanaka, T. et al, Improvement of Software Process by Process Description and Benefit Estimation: 17th International Conference on Software Engineering, pp.123-132, 1995.
- [50] TenStep Japan プロジェクトマネジメント・テンステップ・プロセス, <http://www.tenstep.jp/cms/>.
- [51] Tomanek, M., Juricek, J., Project Risk Management Model Based on PRINCE2 and SCRUM frameworks, The International Journal of Software Engineering & Applications, vol.6, no. 1, 2015.
- [52] Williams, R. C., Walker, J., A. Dorofee, A. J., Putting Risk Management into Practice: IEEE Software, vol.14, no.3, pp.75-82, 1997.
- [53] Wohlwend, H., and Rosenbaum, S., Software improvements in an international company: Proceedings of the 15th international conference on Software Engineering, IEEE Computer Society Press, pp. 212-220, 1993.

## 研究業績

- [1] 林 章浩, 片岡 信弘, 木野 泰伸, プロセス改善活動の定着化方式: CMMI レベル 3 達成後に継続するプロセス改善活動, 電子情報通信学会論文誌 D, vol. J98-D, no. 9, pp. 1237-1246. 2015 (査読有).
- [2] Akihiro Hayashi, and Nobuhiro Kataoka, Non-Model Approach Based Process Improvement Method, Proc. of International Workshop on Informatics, Informatics Society, pp. 123-128, 2017 (査読有).
- [3] Akihiro Hayashi, Nobuhiro Kataoka, and Yasunobu Kino, Quantitative Risk Management Method for System Development Projects, Proc. of 11th International Conference on Project Management (ProMAC 2017), Society of Project Management, pp. 168-176, 2017 (査読有).
- [4] Akihiro Hayashi, and Nobuhiro Kataoka, Process Improvement Method Using Non-Model Approach, International Journal of Informatics Society (IJIS), vol.10, no. 1, pp.3-11, 2018 (査読有).
- [5] Akihiro Hayashi, Nobuhiro Kataoka, Yasunobu Kino, and Mikio Aoyama, A study of risk management method using quantitative process management, Proc. of International Workshop on Informatics, Informatics Society, pp.185-193, 2018, (査読有).
- [6] Akihiro Hayashi, Nobuhiro Kataoka, Yasunobu Kino, and Mikio Aoyama, Quantitative Risk Management Method using Logistic Regression Analysis, International Journal of Informatics Society (IJIS), (査読有) [採録決定済み].